

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ANÁLISE TEMPORAL (1989 A 1999) DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS
FLORESTAIS NO DISTRITO FEDERAL UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT**

MENIC SANDER PEREIRA DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI

**BRASÍLIA – DISTRITO FEDERAL
JUNHO/2014**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**ANÁLISE TEMPORAL (1989 A 1999) DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS
FLORESTAIS NO DISTRITO FEDERAL UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT**

Estudante: Menic Sander Pereira da Silva, Matrícula 09/0126386
RG: 2877246 SSPDF
Orientador: Prof. Dr. Eraldo A. T. Matricardi – PhD, EFL/UnB

*Trabalho de pesquisa apresentado ao
Departamento de Engenharia Florestal da
Universidade de Brasília, como parte das
exigências para obtenção do título de
Engenheiro Florestal.*

Brasília/Distrito Federal

Junho/2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

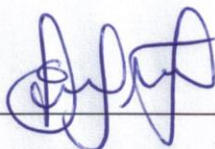
**ANÁLISE TEMPORAL (1989 A 1999) DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS
FLORESTAIS NO DISTRITO FEDERAL UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT**

Estudante: Menic Sander Pereira da Silva,

Matrícula: 09/0126386

Menção: SS

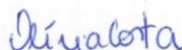
Banca examinadora:



Prof. Dr. Eraldo A. T. Matricardi



Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira



MSc. Olívia Bueno da Costa

Brasília, 27 de junho de 2014.

RESUMO

ANÁLISE TEMPORAL (1989 A 1999) DA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO DISTRITO FEDERAL UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT

O presente estudo gerou uma base de dados georreferenciada da localização, tamanho e recorrência de incêndios florestais no Distrito Federal durante os anos de 1989 a 1999, formando uma série histórica de uma década. As áreas dos incêndios foram delimitadas através da classificação supervisionada paralelepípedo. Foram analisadas a ocorrências dos incêndios dentro das unidades de conservação prioritárias para a conservação. Os dados mostraram que em média anualmente 20% da área queimada está localizada dentro de unidades prioritárias para a conservação. O ano de 1991 foi o que apresentou maior região queimada, totalizando 300,7 km² de cicatrizes de fogo, seguido pelo ano de 1994, ano em que 53% da área queimada foi dentro de unidades de conservação.

Palavras-chave: Cerrado, geoprocessamento, incêndios florestais, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

TEMPORAL ANALYSIS (1989 TO 1999) OF FOREST FIRES IN THE DISTRITO FEDERAL USING LANDSAT

The present study created a georeferenced database of the location, size and recurrence of forest fires in the Distrito Federal during the years 1989 to 1999, forming a time series a decade. The areas of the fires were defined by supervised classification parallelepiped. Was analyzed the occurrences of fires within the priority conservation units. The results showed almost 20% of the areas of the fires happened in priority units for conservation. The year 1991 showed the largest burned area, totaling 300.7 km² of scars of fire, followed by the year 1994, in which 53% of the burned area was within protected areas.

Keywords: Cerrado, geoprocessing, forest fires, remote sensing.

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. BASE DE DADOS DAS IMAGENS UTILIZADAS.....	14
TABELA 2. VALORES ENCONTRADOS NO ESTUDO DE SILVA ET AL., 2011.....	14
TABELA 3 . ÍNDICE <i>KAPPA</i> E VALOR CORRESPONDENTE DE CLASSIFICAÇÃO.	22
TABELA 4 . MATRIZ DE CONFUSÃO DO ANO DE 1991	23
TABELA 5 . MATRIZ DE CONFUSÃO DO ANO DE 1991	24
TABELA 6 . MATRIZ DE CONFUSÃO DO ANO DE 1991	24
TABELA 7 . TOTAL DE INCÊNDIOS POR ANO NO DISTRITO FEDERAL E NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	24
TABELA 8. TOTAL DE INCÊNDIOS E PORCENTAGEM EM RELAÇÃO AO TOTAL NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. ...	25
TABELA 9. DADOS ENCONTRADOS PARA TODOS OS ANOS.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	9
FIGURA 2. RECORRÊNCIA DO FOGO NO DF ENTRE OS ANOS 1999 E 2010	16
FIGURA 3. FLUXOGRAMA DAS CORREÇÕES RADIOMÉTRICAS	18
FIGURA 4. FLUXOGRAMA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA.	20
FIGURA 5 . A) RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA B) IMAGEM ORIGINAL DE 1991.	23
FIGURA 6. ÁREA QUEIMADA NO DF DURANTE OS ANOS DE 1989 A 2010.....	27
FIGURA 7. INCÊNDIOS NO ANO DE 1989.....	29
FIGURA 8. INCÊNDIOS NO ANO DE 1990.....	29
FIGURA 9. INCÊNDIOS NO ANO DE 1991.....	30
FIGURA 10. INCÊNDIOS NO ANO DE 1992.....	30
FIGURA 11. INCÊNDIOS NO ANO DE 1993.....	31
FIGURA 12. INCÊNDIOS NO ANO DE 1994.....	31
FIGURA 13. INCÊNDIOS NO ANO DE 1995.....	32
FIGURA 14. INCÊNDIOS NO ANO DE 1996.....	32
FIGURA 15. INCÊNDIOS NO ANO DE 1997.....	33
FIGURA 16. INCÊNDIOS NO ANO DE 1998.....	33
FIGURA 17. INCÊNDIOS NO ANO DE 1999.....	34
FIGURA 18. TOTAL DE INCÊNDIOS NO PERÍODO ENTRE 1989 E 1999.....	34
FIGURA 19. RECORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS NO DISTRITO FEDERAL DURANTE OS ANOS DE 1989 A 1999.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	OBJETIVO GERAL	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1	SENSORIAMENTO REMOTO	3
3.2	SATÉLITES E SENSORES.....	5
3.2.1	<i>LANDSAT 5 – Sensor TM.....</i>	<i>6</i>
3.3	MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS	7
3.3.1	<i>Classificação Supervisionada</i>	<i>7</i>
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	8
4.1.1	<i>Localização</i>	<i>8</i>
4.1.2	<i>Pedologia</i>	<i>10</i>
4.1.3	<i>Vegetação.....</i>	<i>10</i>
4.1.4	<i>Clima</i>	<i>12</i>
4.1.5	<i>Agricultura</i>	<i>12</i>
4.2	BASE DE DADOS	13
4.2.1	<i>Dados de sensoriamento remoto utilizados por Silva (2011).....</i>	<i>14</i>
4.3	MÉTODOS DE GEOPROCESSAMENTO.....	17
4.3.1	<i>Pré-Processamento</i>	<i>17</i>
4.3.2	<i>Classificação Digital.....</i>	<i>19</i>
4.3.3	<i>Pós-Classificação Digital.....</i>	<i>20</i>
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6	CONCLUSÕES	36
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

Incêndio florestal é a denominação conhecida para um dos processos de queima de biomassa responsável por grande parte da emissão de gases do efeito estufa no Brasil. Essa emissão apresenta importância significativa quanto à influência sobre a poluição atmosférica e mudanças climáticas (BATISTA, 2005).

A queima de biomassa vegetal é uma prática frequente dos agropecuaristas nas zonas tropicais, principalmente para controlar ervas daninhas, remover biomassa morta e limpar terrenos para plantios (RIVERA-LOMBRADI, 2003). Esse ato, juntamente com o desmatamento e as práticas agrícolas, contribui para o intercâmbio de vários gases entre a atmosfera e a biosfera.

As queimadas em florestas e outros tipos de vegetação têm sido apontadas como importantes fontes de gases de efeito estufa (gases traço), liberando dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), entre outros gases, para a atmosfera. A maior parte das emissões desses gases em queimadas é composta por CO_2 (aproximadamente 90%) e CO (cerca de 10%), com os outros gases constituindo somente 1 a 2% (LEVINE et al., 1991). Segundo Lashof (1996), o CO_2 é o gás de efeito estufa de maior impacto na elevação da temperatura global, enquanto o CH_4 aparece em segundo lugar.

Estima-se que os incêndios ocorridos nas regiões tropicais sejam responsáveis por aproximadamente 32% da emissão global de CO_2 para a atmosfera, sendo aquelas ocorridas na vegetação do Cerrado consideradas como uma das mais importantes fontes de gases traço, devido à frequência e a extensão dos incêndios (CRUTZEN e ANDREAE, 1990). Os gases traço emitidos durante a queima de biomassa também são responsáveis pelo aumento da temperatura e os fluxos do CO_2 no solo, resultando em uma perda de carbono deste bioma para a atmosfera em curto prazo. Estas emissões, principalmente as de CO_2 , são responsáveis pelo aumento da absorção da radiação infravermelha pela atmosfera, ocasionando o aquecimento da mesma e, conseqüentemente, do planeta (KLINK et al., 1995).

Uma das formas de monitoramento desses incêndios e queimadas é através da utilização de dados de sensoriamento remoto. Esses dados são utilizados em diversos setores e são de grande representatividade para um país de grande extensão territorial, como o Brasil.

Ao se tratar diretamente da questão do fogo em vegetação nativa, um passo fundamental é conhecer a localização e quantificação de tais eventos. A partir desses dados, é

possível entender melhor a dinâmica dos incêndios, bem como as variáveis que mais influenciam a ocorrência e propagação do fogo no Cerrado.

Segundo Jatobá (2000), no Distrito Federal os problemas ambientais são agravados em função da forte urbanização, dado que 95% da população está em área urbana. As principais vulnerabilidades ambientais do território são a escassez de recursos hídricos e a susceptibilidade do solo à erosão. Assim, as questões ambientais mais relevantes estão diretamente relacionadas à forma da ocupação territorial e à carência de uma infraestrutura adequada.

A expansão acelerada da área urbana do Distrito Federal nos últimos anos tem demandado elevados investimentos públicos para mitigar os problemas ambientais. A taxa de crescimento populacional, de 1991 a 1996, foi a maior das regiões metropolitanas do Brasil (3,69%). Os instrumentos de gestão urbana ambiental praticados, por sua vez, não têm sido eficazes no controle da qualidade ambiental nas novas ocupações (JATOBÁ, 2000).

A Unesco (2000) realizou um estudo temporal no DF, onde se percebe uma redução significativa das áreas naturais e o crescimento das áreas antropizadas. Este estudo revela um processo de uso e ocupação do espaço geográfico no qual sucessivamente vão desaparecendo os espaços naturais e aparecendo áreas urbanas e/ou espaços agrícolas, diferentes daqueles originalmente existentes.

Outro agente responsável pela mudança da paisagem no DF foi a ocupação do solo pelas atividades agrícolas, que começaram a ter maior significância durante a década de 80, com a entrada da soja, das culturas irrigadas e outras culturas extensivas. A porção leste do DF, compreendendo principalmente o corredor localizado entre as bacias hidrográficas dos Rios Preto e São Bartolomeu, corresponde a maior concentração das áreas ocupadas pelo uso agrícola (UNESCO, 2000). Dado este crítico cenário, a preservação da vegetação ainda existente na região deve ser considerado um assunto prioritário para o governo.

Com base no contexto apresentado o presente trabalho procurou contribuir com o maior conhecimento da frequência e espacialidade dos incêndios florestais ocorridos na região do Distrito Federal – DF entre 1989 a 1999. Buscou-se assim mapear as cicatrizes e os locais de recorrência do fogo, observando relações com variáveis físicas, bióticas e socioeconômicas. Os resultados desta pesquisa podem ser utilizados para subsidiar a elaboração de uma base de dados que auxilie na prevenção e combate de eventos futuros.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi aplicar técnicas do sistema de informações geográficas e de sensoriamento remoto para detectar, mapear e analisar a ocorrência e distribuição espacial dos incêndios florestais ocorridos no Distrito Federal entre os anos de 1989 a 1999, para espacializar e analisar a tendência de ocorrência dos incêndios buscando minimizar os efeitos negativos acarretados por eles. Esta pesquisa visa complementar o estudo conduzido por Silva (2011) no período de 1999 a 2010 no DF, formando assim uma base de dados georreferenciada dos incêndios florestais em um período de 22 anos (1989 a 2010).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a área atingida pelo fogo na área e período de estudo;
- Identificar as áreas com maior recorrência de incêndios florestais; e
- Quantificar as áreas afetadas pelo fogo dentro dos limites das Unidades de Conservação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm se mostrado como ferramentas importantes nas tomadas de decisão para o gerenciamento dos recursos naturais visando a conservação da biodiversidade, uma vez que possibilitam a análise de diversos atributos do meio ambiente (tanto abióticos quanto biológicos e sociais) no contexto espacial (TAMBOSI et al., 2007). Ferreira (1997) acrescenta que os SIG podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamentos urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando o planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas.

Compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço constitui hoje um grande desafio para elucidação de questões centrais em diversas

áreas do conhecimento, seja em saúde, em ambiente, em geologia, em agronomia, entre tantas outras. Tais estudos vêm se tornando cada vez mais comuns, devido à disponibilidade de sistema de informação geográfica (SIG) de baixo custo e com interfaces amigáveis (CÂMARA et al., 2007).

Segundo Macedo e Rudorff (2000), o geoprocessamento, entendido como um conjunto de tecnologias utilizadas na coleta e tratamento, manipulação e produção de informações, tem permitido um melhor gerenciamento de grandes áreas com rapidez precisão e a custos bem mais baixos quando comparados a levantamento feitos *in loco*.

Segundo Barbosa (1997), a questão ambiental é o principal foco dos tomadores de decisões. Todos os sistemas ambientais estão inter-relacionados, impactos ambientais em determinado local podem gerar consequências em outro. Com o objetivo de monitorar esses impactos, surgiram tecnologias como o Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas.

As imagens proporcionam aos homens a possibilidade de ampliar a sua visão espectral, espacial e temporal dos mais diversos ambientes terrestres. As provenientes do Sensoriamento Remoto servem como fontes de dados para estudos de diversas áreas do conhecimento, além de ser uma forma viável de monitoramento local e global devido à rapidez, eficiência e periodicidade (CRÓSTA, 2002).

Blaschke (2007), diz que o Sensoriamento Remoto é hoje essencial para a realização de monitoramentos e modelagens ambientais graças a sua característica básica de fornecimento de dados antes mesmo de se fazer monitoramentos em campo, tornando todo o processo menos oneroso. Graças ao Sensoriamento Remoto é possível enxergar o planeta de uma posição privilegiada (FLORENZANO, 2011).

Cochrane e Souza Jr. (1998) desenvolveram uma técnica de sensoriamento remoto para detectar e classificar florestas queimadas usando vegetação não-fotossintética derivadas de Análise Linear de Mistura para o local de estudo, Tailândia, Pará. Do mesmo modo, Souza et al. (2005) desenvolveram um método de sensoriamento remoto baseado em Análise de Mistura Espectral (AME) para mapear a extração seletiva de madeira e incêndios para um caso de estudo no estado de Mato Grosso. Cochrane e Schulze (1998) detalharam os efeitos do fogo e mostraram o potencial que um incêndio possui de se tornar recorrente e também de gerar danos aos ecossistemas de Florestas Tropicais.

3.2 SATÉLITES E SENSORES

Segundo Crósta (1992), as imagens de sensoriamento remoto passaram a representar uma das principais formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam. Canavesi et al. (2005) acrescentam que devido à ampla cobertura e repetitiva amostragem, imagens de satélite possuem um grande potencial para monitorar a vegetação, tanto em escala global como regional.

A série LANDSAT teve início na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana e dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Essa missão foi denominada Earth Resources Technology Satellite (ERTS) e em 1975 passou a se denominar LANDSAT. A missão, em sua maioria, foi gerenciada pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pela U.S. Geological Survey (USGS) e envolveu o lançamento de sete satélites (EMBRAPA, 2009).

O sistema LANDSAT (*LAND SATellite*) foi o primeiro a obter de forma sistemática, imagens terrestres sinópticas de média resolução. Desenvolvida pela NASA a série de satélites LANDSAT iniciou sua operação em 1972 (FIGUEIREDO, 2005). Os primeiros satélites eram equipados com os sensores *Multispectral Scanner System* (MSS). A série passou por inúmeras inovações, especialmente os últimos sistemas sensores que obtêm imagens em sete bandas espectrais. O último da série, o LANDSAT 7, é equipado com os sensores ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) e PAN (Pancromático). O termo Pancromático significa uma banda mais larga que incorpora as faixas espectrais mais estreitas, por esta razão a quantidade de energia da banda Pancromática chega ao satélite com maior intensidade e isto possibilita ao sensor uma definição melhor. O Pancromático do LANDSAT chega a uma resolução espacial de 15 m. Os satélites desta série deslocam a uma altitude de 705 km, em órbita geocêntrica circular. Ao longo da história do SR até o ano de 2004, a série LANDSAT foi a que mais produziu e forneceu imagens para todos os tipos de estudos e aplicações (FIGUEIREDO, 2005).

As imagens fornecidas pelos satélites da série LANDSAT contribuíram de forma significativa para a análise de diferentes ambientes terrestres por quase 40 anos, tendo sido descontinuada a distribuição de imagens pelo LANDSAT-5 em 2011 (BERRA, 2013). Por esse motivo, houve a necessidade da procura de alternativas para dar continuidade a estudos enquanto a série LANDSAT não voltar à ativa. Nesse contexto, o IRS entrou como uma

excelente alternativa, pois o sensor LISS-III possui características espectrais muito parecidas com as do sensor TM, além de também disponibilizar imagens de forma gratuita (BERRA, 2013).

As imagens de satélite como as do LANDSAT 5 as do Resourcesat-1, podem possibilitar o monitoramento de culturas, permitindo a estimativa da área e da produção. As vantagens em relação aos métodos tradicionais de previsão de safras vão desde a menor subjetividade das informações, até a maior rapidez na aquisição de dados e consequentemente menor custo (GANAN et al., 2005).

3.2.1 LANDSAT 5 – Sensor TM

O sensor LANDSAT TM, com 8 bits de resolução radiométrica, possui valores de números digitais (ND) compreendidos entre 0 e 255. Um pixel com ND = 240 representa uma reflectância ou emitância (no caso da banda termal, banda 6 do TM) muito alta, enquanto um pixel com valor ND = 10 representa reflectância ou emitância muito baixa (BATISTA, DIAS, 2005).

O sensor TM do satélite LANDSAT possui sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite.

O satélite LANDSAT apresenta a característica de repetitividade, isto é, observa a mesma área a cada 16 dias. Uma imagem inteira do satélite representa no solo uma área de abrangência de 185 x 185 km (EMBRAPA, 2009). A resolução geométrica das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 é de **30 m** (isto é, cada "pixel" da imagem representa uma área no terreno de 0,09 ha). Para a banda 6, a resolução é de **120 m**, cada "pixel" representa 1,4 hectare (EMBRAPA, 2009).

Características orbitais do satélite LANDSAT:

Altitude = 705 km

Velocidade = 7,7 km/seg

Peso = 2 ton.

Tempo de obtenção de uma cena = 24 seg.

3.3 MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

3.3.1 *Classificação Supervisionada*

O processo de classificação automática de imagens multiespectrais se baseia na associação de cada pixel da imagem a uma classe que descreve a realidade. Existem duas abordagens neste processo, a primeira trata-se da classificação supervisionada, na qual o usuário identifica pixels pertencentes às classes desejadas e posteriormente o software localiza os demais pixels pertencentes àquelas classes, baseado em uma regra estatística pré-estabelecida (CRÓSTA, 1992; GANAN et al., 2005). A segunda denomina-se classificação não-supervisionada, nela o próprio software decide, por agrupamento, quais as classes serão separadas e quais os pixels pertencentes a cada uma delas (CRÓSTA, 1992).

O treinamento supervisionado precisa ser controlado de perto pelo analista. Nesse processo o usuário escolhe pequenas amostras na imagem, com pixels que sejam representativos, espectralmente, das feições dos alvos identificados por ele, ou ainda que possam ser identificados com a ajuda de outras fontes (MENESES et al., 2012; CRÓSTA, 1992; GANAN, et al., 2005).

É necessário possuir o conhecimento prévio dos dados e das classes de objetos que existem na área (MILESKE, 2011). Meneses et al. (2012), afirmam que não há restrição quanto ao número de classes a serem trabalhadas, porém o analista necessita fazer uma seleção de classes distintas entre si para que no produto final não tenha confusão entre classes.

Dentro da classificação supervisionada existem vários métodos de tratamento dos dados. Sendo que as características estatísticas das classes estimadas das amostras dependem de qual método o analista escolhe pra realização do treinamento. Sendo eles: paralelepípedo, distância mínima, distância de Mahalanobis e máxima verossimilhança (MENESES et al., 2012).

Os métodos mais comuns são o método do paralelepípedo e o da Máxima Verossimilhança. O do Paralelepípedo considera uma área no espaço ao redor do conjunto de treinamento, cuja forma é um quadrado ou um paralelepípedo. Todos os pixels dentro do paralelepípedo serão classificados como pertencentes àquela classe definida anteriormente. Já o método da Máxima Verossimilhança faz uso da média ponderada das distâncias utilizando parâmetros estatísticos para efetuar a classificação, sendo considerado que existe o

conhecimento a priori da área a ser classificada para que haja classes representativas das amostras (CRÓSTA, 1992; MENESES et al., 2012).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada no presente estudo envolveu a utilização de imagens LANDSAT-5 TM, disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE e técnicas de geoprocessamento. Na sequência, foi aplicada técnicas de Classificação Supervisionada para detecção de áreas com cicatrizes do fogo ocorrido na região. A partir dos dados espaciais das ocorrências dos incêndios, foram feitas análises para entender a dinâmica do fogo e as variáveis que afetam a ocorrência e propagação do fogo na região de estudo. Esta etapa de análise incluiu também a comparação com os produtos temáticos sobre os incêndios florestais disponibilizados pelo INPE. Mas detalhes metodológicos estão apresentados a seguir.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Localização

A área de estudo abrange todo o Distrito Federal (DF), que possui área total de 5.814km² (Figura 1). O DF está situado na Região Centro-Oeste do Brasil, possui limites com os estados de Goiás e Minas Gerais. É uma unidade da federação que não é nem estado nem município, e sim, um território com autonomia própria dividido em Regiões Administrativas.

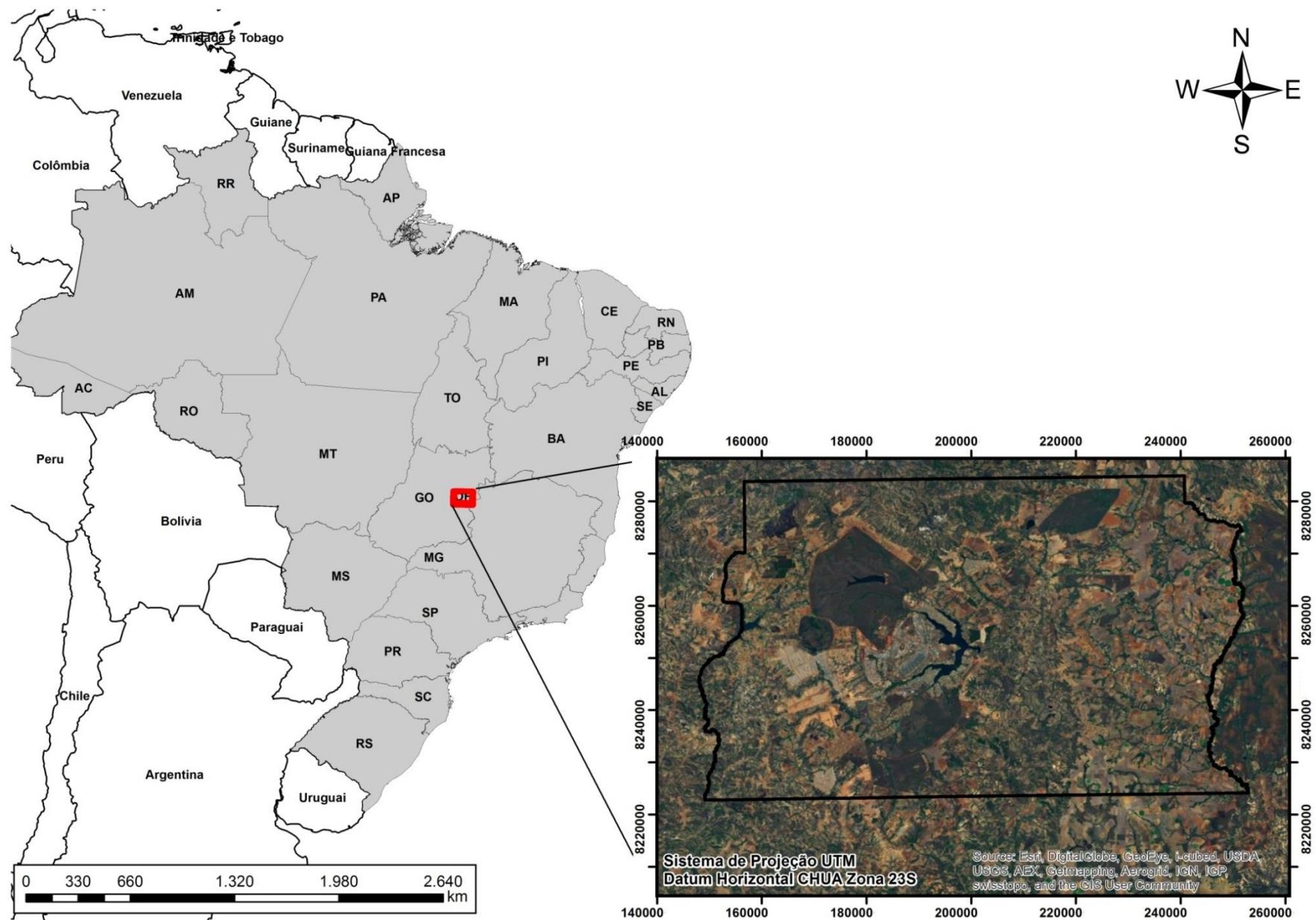


Figura 1. Localização da área de estudo.

4.1.2 Pedologia

Os solos do DF representam bem os solos da região do Cerrado, cuja forma de vegetação mais comum – o cerrado *sensu stricto*, encontra-se associada aos latossolos, uma vez que se desenvolvem em solos bem drenados, profundos e de baixa fertilidade. De acordo com Haridasan (1993), a baixa fertilidade desses solos e a pequena reserva de nutrientes na vegetação são consequência do alto grau de intemperismo e pequeno conteúdo de bases nas rochas.

Os solos predominantes no Cerrado são os latossolos vermelhos ou amarelos que são ácidos (pH 4 a 5.5), pobres em nutriente (saturação de base de menos de 50%), com baixa disponibilidade de fósforo (menos de 2 ppm) e, frequentemente, com quantidades tóxicas de alumínio (saturação acima de 50%). No entanto, a matéria orgânica e a estrutura física do solo são relativamente favoráveis (BUSCBACHER, 2000).

Conforme afirmam Campos e Silva (2000), a classe Latossolos Vermelho-Escuro ocorre, sobretudo, nos topos das chapadas, divisores principais de bacias com topos planos, na depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto. Castro (2004) acrescenta que o Latossolo Vermelho é uma cobertura bastante homogênea, profunda, com elevada permeabilidade, variando de bem drenado a fortemente drenado, com textura, em geral, de argilosa a argilo-arenosa. A classe Latossolos Vermelho-Amarelo ocorre, principalmente, nas bordas de chapada e divisores, em superfícies planas, abaixo dos topos da Chapada da Contagem, sempre adjacente à classe do Vermelho. A distinção entre os latossolos Vermelho e Amarelo está apenas relacionada à cor do horizonte B. A maior parte das áreas urbanas e agrícolas do DF está associada aos Latossolos, especialmente pelo fato de ocorrerem em áreas onde o relevo favorece o parcelamento do solo e a mecanização agrícola.

4.1.3 Vegetação

No DF, a cobertura vegetal florestal está restrita às unidades de conservação e a algumas parcelas de uso restrito, como áreas militares (CASTRO, 2004). A vegetação natural da região é o Cerrado, onde as plantas são adaptadas a solos ácidos, baixa umidade do ar e pouca água. Segundo Ribeiro e Walter (1998), o estrato arbóreo-arbustivo do Cerrado é estudado sob a ótica de três formações vegetais: Campestre, Savânica e Florestal.

O Cerrado (*lato sensu*) é considerado um dos biomas com maior superfície e biodiversidade de espécies de flora e fauna do mundo, abrangendo 15 milhões de km². É o

segundo maior bioma/domínio morfoclimático do Brasil e da América do Sul, totalizando, neste último, 3.000.000 km² (SATO, MIRANDA, 1996). No Brasil, compreende aproximadamente 25% do território (1.800.000 km²), ocorrendo predominantemente na região centro-oeste, onde ocupa cerca de 1.500.000 km². Esse bioma é considerado um *Hotspot* de biodiversidade (MMA, 2002).

A subdivisão dessas formações florestais se caracteriza devido ao predomínio de árvores formando em geral um dossel contínuo (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão), formações savânicas, com arbustos e árvores em geral sem um dossel contínuo, sobre um extrato graminoso (cerrado *sensu stricto*, parque de cerrado e palmeiral), e por último, formações campestres com predomínio de herbáceas e arbustos e raramente a presença de árvores (campo sujo, campo rupestre e campo limpo) (RIBEIRO, WALTER, 1998).

A flora do Cerrado brasileiro está entre as mais ricas savanas do mundo e cerca de 70% de seu Bioma é ocupado pelo cerrado *sensu stricto* que tem sua paisagem composta por um estrato herbáceo dominado principalmente por gramíneas e um estrato de árvores de fustes tortuosos com ramificações irregulares e retorcidas (RIBEIRO, WALTER, 1998). A distribuição das espécies arbóreas encontradas nessa região é influenciada por diversos fatores, podendo ser citados o clima, química e física do solo, disponibilidade de água e nutrientes, geomorfologia e topografia, latitude, frequência de queimadas, profundidade do lençol freático, pastejo e inúmeros fatores antrópicos, como abertura de áreas para atividades agropecuárias, retirada seletiva de madeira, queimadas para o manejo de pastagens, dentre outros (LIRA, 2012).

A biodiversidade do Cerrado brasileiro foi comprometida devido à redução de mais de 37% da sua cobertura original (FELFILI et al., 2002) por cultivo de monoculturas e principalmente pastagens. Esse fato somado a distribuição restrita das espécies e ao pequeno percentual de 1,1% da área legalmente declarada como Área de Proteção Ambiental e aos 2,5% declarados como Área de Preservação Permanente, dão ideia dos riscos de perda das informações florísticas da região (FELFILI, SILVA JURNIOR, 2001).

De modo geral, o bioma cerrado encontra-se bastante ameaçado. Espécies nativas importantes, comercial e ecologicamente, estão desaparecendo em função da ocupação desordenada, da expansão urbana e agropecuária, da exploração irracional e do uso indiscriminado do fogo (FIEDLER et al., 2004).

4.1.4 *Clima*

O clima predominante da região do DF, segundo a classificação de Köppen é “tropical de Savana”, com a concentração da precipitação pluviométrica no Verão. A estação chuvosa começa em outubro e termina em abril, representando 84% do total anual. O trimestre mais chuvoso é de novembro a janeiro, sendo dezembro o mês de maior precipitação do ano. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que, no trimestre mais seco (junho/julho/agosto), a precipitação representa somente 2% do total anual. Em termos de totais anuais, a precipitação média interanual, no Distrito Federal, varia entre 1.200 mm a 1.700 mm (BRANT, 2011).

A temperatura média anual varia de 18° a 22° C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com médias superiores a 22° C. Considera-se o mês de julho o mais frio, com temperaturas médias que variam entre 16° e 18° C. As temperaturas absolutas mínimas de até 2° C e máximas de 33° C são registradas, respectivamente, no Inverno e no início do Verão (INPE, 2014).

A umidade relativa do ar cai de valores superiores a 70%, no início da seca, para menos de 20%, no final do período. Coincidindo com o período mais quente, nos meses de agosto e setembro, a umidade pode chegar a 12%, secura típica de deserto (FERRANTE et al., 2000).

4.1.5 *Agricultura*

Com o agravamento da crise ambiental global aumenta a necessidade de ações que redirecionem os processos produtivos atuais. Um dos maiores desafios da agricultura consiste em adequar a produção de alimentos à crescente demanda da população, mantendo a sustentabilidade e a preservação ambiental e garantindo a conservação dos recursos naturais para as gerações futuras (ALVES et al., 2009).

As atividades agrícolas no Distrito Federal (DF) ganharam importância a partir de 1980, com a introdução da soja e culturas irrigadas. Para uma exploração agrícola conservacionista, e viável economicamente, é necessário um planejamento do uso dos solos, considerando o conjunto das suas características físicas, químicas, biológicas, ecológicas e econômicas (BERTONI, LOMBARDI NETO, 1990).

O uso do fogo como ferramenta agrícola gera diversos impactos ao ambiente, entre eles a perda da biodiversidade. Vários motivos levam a degradação ambiental, dentre os

principais estão o corte de madeira, incêndios florestais e atividades agropastoris. Os desmatamentos e as queimadas são duas das maiores questões ambientais enfrentadas pelo Brasil atualmente. Embora distintas, são práticas tradicionalmente associadas, pois em sequência à derrubada da vegetação, quase sempre há a queima do material vegetal (GONÇALVES et al., 2012).

A legislação Brasileira a respeito do uso do fogo vem evoluindo ao longo dos anos, na qual é permitido a Queima Controlada em alguns casos mediante autorização do órgão responsável. Porém, mesmo com a legislação existente a falta de controle e fiscalização ainda permite que os incêndios florestais se alastrem e destruam a biodiversidade (CABRAL et al., 2013).

O fogo é tradicionalmente utilizado como um promotor do aumento da fertilidade dos solos, pois provoca a queima da cobertura vegetal existente e, apesar de parte dos nutrientes serem volatilizados, uma boa parte é depositada no solo sob a forma de cinzas, aumentando a quantidade de nutrientes disponíveis para o crescimento e desenvolvimento das culturas (COUTINHO, 2005).

Essa fertilidade, no entanto, é temporária. A rápida infestação dos campos agrícolas por plantas invasoras reduz ainda mais a produtividade dos plantios. Os rendimentos oriundos dos cultivos frequentemente declinam entre um e três anos após a derrubada da floresta. Assim, a cada ano uma nova área de floresta é derrubada e queimada pelas famílias de agricultores carentes da Amazônia para que haja garantia de continuidade na produção de subsistência. Além disso, expõem a superfície do solo à ação erosiva da chuva e do vento (NEPSTAD et al., 1991).

4.2 BASE DE DADOS

As imagens utilizadas nesse trabalho foram as do satélite LANDSAT, sensor TM (*Thematic Mapper*) com resolução de 30 metros (Tabela 1) e disponibilizados gratuitamente pelo INPE. O período utilizado no estudo compreende os anos de 1989 até 1999. O período foi escolhido visando ao aumento da base de dados existente sobre os incêndios ocorridos no DF.

Foi priorizado para a escolha das imagens o período entre os meses de agosto e outubro (período de estiagem) e para os anos em que a qualidade das imagens nesse período não atendia o estudo, foram escolhidas imagens dos meses mais próximos e referentes ao

período de estiagem do ano. Para a correção geométrica foram utilizadas imagens ortorretificadas do sensor TM do satélite LANDSAT 5 com resolução espacial de 30m disponibilizada gratuitamente pelo GLCF.

Tabela 1. Base de dados das imagens utilizadas.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Data de Aquisição
LANDSAT 5	TM	221/70	31/10/1989
LANDSAT 5	TM	221/70	30/07/1990
LANDSAT 5	TM	221/70	03/09/1991
LANDSAT 5	TM	221/70	21/09/1992
LANDSAT 5	TM	221/70	08/09/1993
LANDSAT 5	TM	221/70	13/10/1994
LANDSAT 5	TM	221/70	14/09/1995
LANDSAT 5	TM	221/70	14/07/1996
LANDSAT 5	TM	221/70	03/09/1997
LANDSAT 5	TM	221/70	22/09/1998
LANDSAT 5	TM	221/70	08/08/1999

4.2.1 Dados de sensoriamento remoto utilizados por Silva (2011)

Silva (2011) contabilizou os incêndios ocorridos no período de 1999 a 2010 utilizando uma metodologia diferente, a análise por componentes principais (PCA) e uma Árvore de decisão para classificar as imagens dos referidos anos. Os valores obtidos no estudo são os apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores encontrados no estudo de Silva et al., 2011.

Satélite	Sensor	Órbita /Ponto	Data	Área Queimada no DF		Área Queimada nas UCs	
				km ²	%	km ²	%
LANDSAT 5	TM	221/70	08/08/1999	9,68	0,17	0,09	0,02
LANDSAT 5	TM	221/70	25/07/2000	51,60	0,89	7,41	1,38
LANDSAT 5	TM	221/70	12/07/2001	69,94	1,20	3,53	0,66
LANDSAT 7	ETM+	221/70	11/10/2002	33,50	0,58	5,55	1,03
LANDSAT 5	TM	221/70	18/07/2003	36,44	0,63	1,99	0,37
LANDSAT 5	TM	221/70	22/09/2004	125,29	2,16	12,63	2,35
LANDSAT 5	TM	221/70	11/10/2005	58,09	1,00	31,74	5,92
LANDSAT 5	TM	221/70	26/07/2006	44,38	0,76	5,42	1,01
LANDSAT 5	TM	221/70	15/09/2007	183,25	3,15	96,52	17,99
LANDSAT 5	TM	221/70	16/08/2008	53,02	0,91	2,68	0,50
LANDSAT 5	TM	221/70	03/08/2009	30,99	0,53	0,63	0,12

Satélite	Sensor	Órbita /Ponto	Data	Área Queimada no DF		Área Queimada nas UCs	
				km ²	%	km ²	%
LANDSAT 5	TM	221/70	23/09/2010	293,23	5,04	152,64	28,45
Total				989,41	17,02	320,83	59,80

Fonte: Silva, (2011).

A Figura 2 representa a análise de recorrência gerada por Silva (2011) referente aos anos de 1999 a 2010 com o número de repetições em cada área variando entre 0 e 10 vezes. Foram apresentadas as áreas das unidades de conservação e os incêndios ocorridos dentro delas de acordo com suas recorrências.

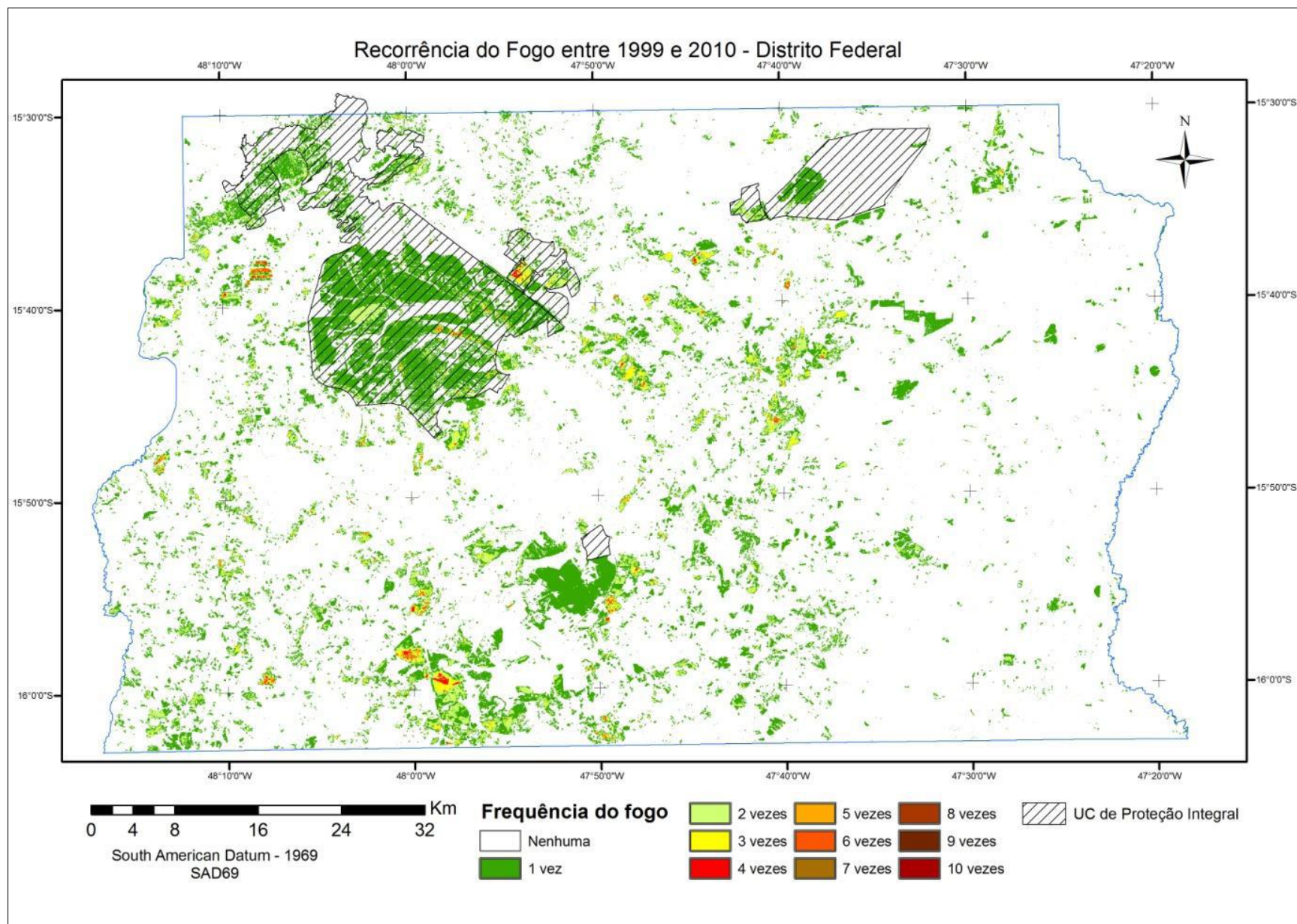


Figura 2. Recorrência do fogo no DF entre os anos 1999 e 2010

Fonte: Silva, (2011).

4.3 MÉTODOS DE GEOPROCESSAMENTO

Com relação ao processamento digital das imagens, posterior execução do mapeamento e análise das imagens será usado o *software* ENVI 4.5 e o ArcGIS 10.1. Processar imagens significa executar operações com os dados de modo que as transformações realizadas resultem em imagens de melhor qualidade, tanto em aspectos espectrais quanto espaciais. Visa à melhoria da qualidade da cena.

4.3.1 Pré-Processamento

Etapa em que as imagens terão suas bandas unidas num só arquivo; este arquivo será registro e seus valores de reflectância serão recuperados. Por fim, será recortado para ficar do tamanho da área de interesse previamente definida. O georreferenciamento será feito pelo software ENVI 4.5 com base em imagens GLFC/ESDI.

Essa é a etapa de correção preliminar dos dados que consiste em corrigir erros que os dados podem apresentar. As principais fontes de erros que os sensores podem apresentar são instrumentais (ruídos), atmosféricos e geométricos. Não existe um passo a passo para o pré-processamento, ele dependerá do objetivo do trabalho a ser realizado. Sendo duas correções as mais comuns: radiométrica e geométrica as quais serão realizadas no presente trabalho.

A recuperação dos valores de reflectância é realizada por meio de correções radiométricas e atmosféricas que podem melhorar significativamente a qualidade das imagens reduzindo os efeitos de absorção de gases atmosféricos e também de processos de dispersão (VERMOTE et al., 1997). O procedimento envolvendo a conversão de números digitais (DN) para radiância e, subsequentemente, para reflectância usando diferentes coeficientes de calibração foram obtidos dos arquivos de metadados das imagens do INPE.

De acordo com Chander e Markham (2003), correções radiométricas de imagens LANDSAT podem ser calculadas, primeiramente, pela conversão de números digitais (DN) para radiância (equação 1):

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Q_{cal\ max}} \right) Q_{cal} + LMIN_{\lambda}, \text{ (Equação 1)}$$

onde, L_{λ} = radiância do espectro para a abertura do sensor em $W/(m^2.sr.\mu)$ e Q_{cal} = quantificando a calibração dos valores dos pixels em unidades de números digitais(DNs)

E, depois, pela conversão de valores de radiância para valores de reflectância do topo da atmosfera, usando a equação 2:

$$\rho^P = \left(\frac{\pi \cdot L\lambda \cdot d^2}{ESUN\lambda \cdot \cos \theta_s} \right) Q_{cal} + LMIN\lambda, \text{ (Equação 2)}$$

onde, ρ^P = menor unidade de reflectância planetária, $L\lambda$ = radiância do espectro para a abertura do sensor, d = distância entre a Terra e o Sol em unidades astronômicas, $ESUN\lambda$ = irradiâncias solar médio exoatmosféricas, e θ_s = ângulo zenital solar, em graus. Todos esses recursos foram feitos automaticamente pelo ENVI 4.5®.

O *software* ENVI 4.5 realiza as duas correções e as faz especificamente para as imagens LANDSAT e seu sensor TM (Figura 3). São exigidas algumas informações, como a elevação solar, porém todas são obtidas através do sítio eletrônico do INPE e são referentes a cada imagem utilizada.

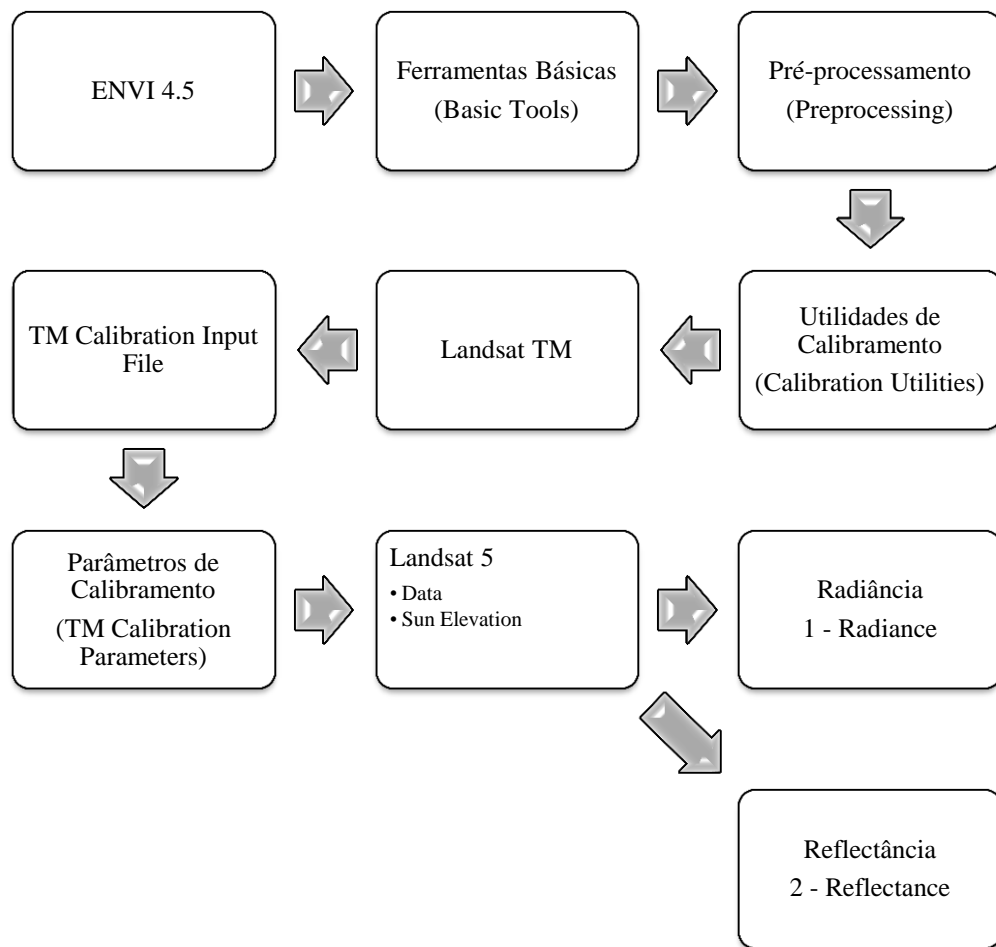


Figura 3. Fluxograma das Correções Radiométricas

Por fim, as imagens LANDSAT radiometricamente corrigidas foram registradas. Existem duas etapas na correção geométrica de imagens, a propriamente dita, feita pelos

laboratórios de produção de imagens e outra feita pelo próprio usuário, que é o chamado de registro, processo que consiste na inserção de coordenadas que possibilitem localizar a sua posição geográfica, realizado com base em outra imagem já registrada.

4.3.2 Classificação Digital

Classificação Digital de Imagens, processo usado para a demarcação dos incêndios e queimadas nas imagens, é a manipulação de imagens digitais em ambiente computadorizado de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens classificadas. Utiliza-se o processamento digital de imagens para identificar aspectos visuais de certas feições estruturais para o analista humano e para fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos (OLIVEIRA, 2005).

Para delimitação o método escolhido foi o da classificação supervisionada. No algoritmo do paralelepípedo para cada região de treinamento é necessário determinar o intervalo de valores observados em cada banda, esses intervalos formarão uma caixa espectral (ou paralelepípedo) que é usado para classificar os tipos de classes, define uma nova imagem para o paralelepípedo que melhor se ajusta dentro dele. Pixels fora dos paralelepípedos poderão não ser classificados ou designados para o mais próximo (MENESES et al., 2012 e CRÓSTA, 1992).

O método satisfatório foi o paralelepípedo (Figura 4) com valor de “*Max stdev from mean*” (desvio padrão) de 2.00 e a única classe utilizada (“*Region of interest*” – ROI) foi a classe área queimada. Após a classificação foi aplicado um filtro para melhorar a qualidade da classificação. O filtro usado foi o *Median* (5x5). Essa filtragem suaviza a imagem substituindo cada pixel central com o valor da mediana de um conjunto de pixels, calculada de acordo com o tamanho do filtro. (MENESES et al., 2012).

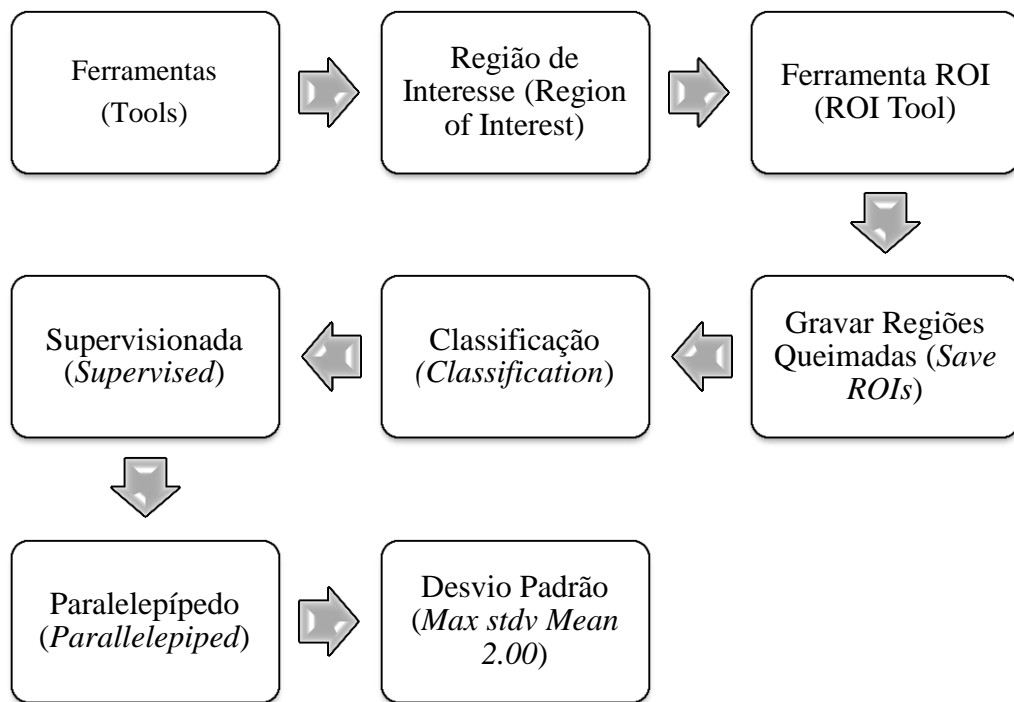


Figura 4. Fluxograma Classificação Supervisionada.

4.3.3 Pós-Classificação Digital

No processo de análise dos dados de sensoriamento remoto, um passo importante é a validação da precisão dos resultados. É necessário saber se os dados provenientes de mapas, derivados da classificação de um produto de sensoriamento remoto são confiáveis e através da matriz de confusão é possível derivar medidas e consequentemente verificar erros derivados do processo de atribuição dos pixels a certas classes (VIEIRA, 2000). O método utilizado para validar a classificação foi da matriz de confusão. A matriz de confusão de uma hipótese h oferece uma medida efetiva do modelo de classificação, ao mostrar o número de classificações corretas versus as classificações previstas para cada classe, sobre um conjunto de exemplos T .

A matriz de confusão é formada por um arranjo quadrado de números dispostos em linhas e colunas que expressam o número de unidades de amostras de uma categoria particular relativa – inferida por um classificador (ou regra de decisão), comparado com a categoria atual verificada no campo (CONGALTON, 1991). Normalmente abaixo das colunas representa-se o conjunto de dados de referencia que é comparado com os dados do produto da classificação que são representados ao longo das linhas. Erros de Comissão são os pixels incorretamente designados para uma classe. Erros de Omissão, pixels na classe que foram designados para uma classe diferente. A matriz de confusão oferece a acurácia total da classificação e também quanto o classificador subestimou e superestimou suas classes.

Para a realização da verdade de campo, como não é possível ir a campo e verificar a classificação, foi utilizada a própria imagem classificada e feita a análise visualmente. A matriz de confusão foi gerada a partir de 90 pontos aleatorizados no *software* ArcGis e a conferência dos erros e acertos da classificação escolhida foi a da imagem de 1991. A escolha do ano de 1991 foi realizada devido ao maior quantidade de área queimada encontrada nesse ano.

A exatidão global para cada matriz é calculada através da razão entre a soma dos valores da diagonal da matriz e a soma dos totais de suas linhas ou colunas (CONGALTON, 1991). A acurácia global foi então calculada pela equação 3:

$$A = \frac{\sum x_{ii}}{N}, \text{ (Equação, 3)}$$

Sendo:

A = Acurácia Global (%)

X_{ii} = Elementos da diagonal

N = Total de elementos amostrados

Para a avaliação da precisão da imagem final produzida no processo de classificação supervisionada, adotou-se o índice *Kappa*. Esse índice é um dos principais métodos utilizados para avaliar a concordância entre a verdade terrestre e o mapa temático. A grande vantagem do uso da estatística *Kappa* é que, no cálculo do coeficiente *Kappa*, incluem-se todos os elementos da matriz de erro. A estatística *Kappa* varia de 0 a 1. Um valor de *Kappa* igual a zero sugere que a classificação não é melhor do que uma classificação aleatória dos pixels. Um valor igual a um sugere um processo de classificação altamente eficiente (MOREIRA, 2001). O índice *Kappa* é usado na avaliação da precisão temática da matriz de confusão. Para o seu cálculo são usados todos os elementos da matriz (Equação 4). Esse índice indica quanto a classificação está de acordo com os dados de referência (FONSECA, 2000). A Tabela 3 contém os valores aceitáveis de *Kappa*.

$$K = \frac{N \sum x_{ii} - \sum x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum x_{i+} x_{+i}} \text{ (Equação, 4)}$$

Sendo:

X_{ii} = Elementos da diagonal (concordância observada)

X_{+i} e X_{i+} = Produtos das Marginais (concordância esperada)

N = Total de elementos amostrados

Tabela 3 . Índice *Kappa* e valor correspondente de classificação.

Índice <i>Kappa</i>	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Fonseca (2000).

A matriz de confusão permite também calcular erros de omissão e comissão. A omissão é obtida pelo número de amostras que pertencendo á classe de interesse não foram incluídas nela. A comissão é obtida pelo número de amostras que não pertencendo á classe de interesse foram incluídas nela.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos anos de 1989, 1990 e 1992 a classificação não foi satisfatória por ter sido um ano atípico e não apresentar áreas queimadas representativas para a confecção de uma classificação acurada, além da grande ocorrência de nuvens. A verificação da classificação foi realizada manualmente por meio do software ArcGis 10.1.

A Figura 5 A apresenta o resultado da classificação no ENVI 4.5, as áreas em vermelho são as determinadas como queimadas, a Figura 5 B apresenta a imagem original do ano de 1991 com a composição de bandas 4-5-3.

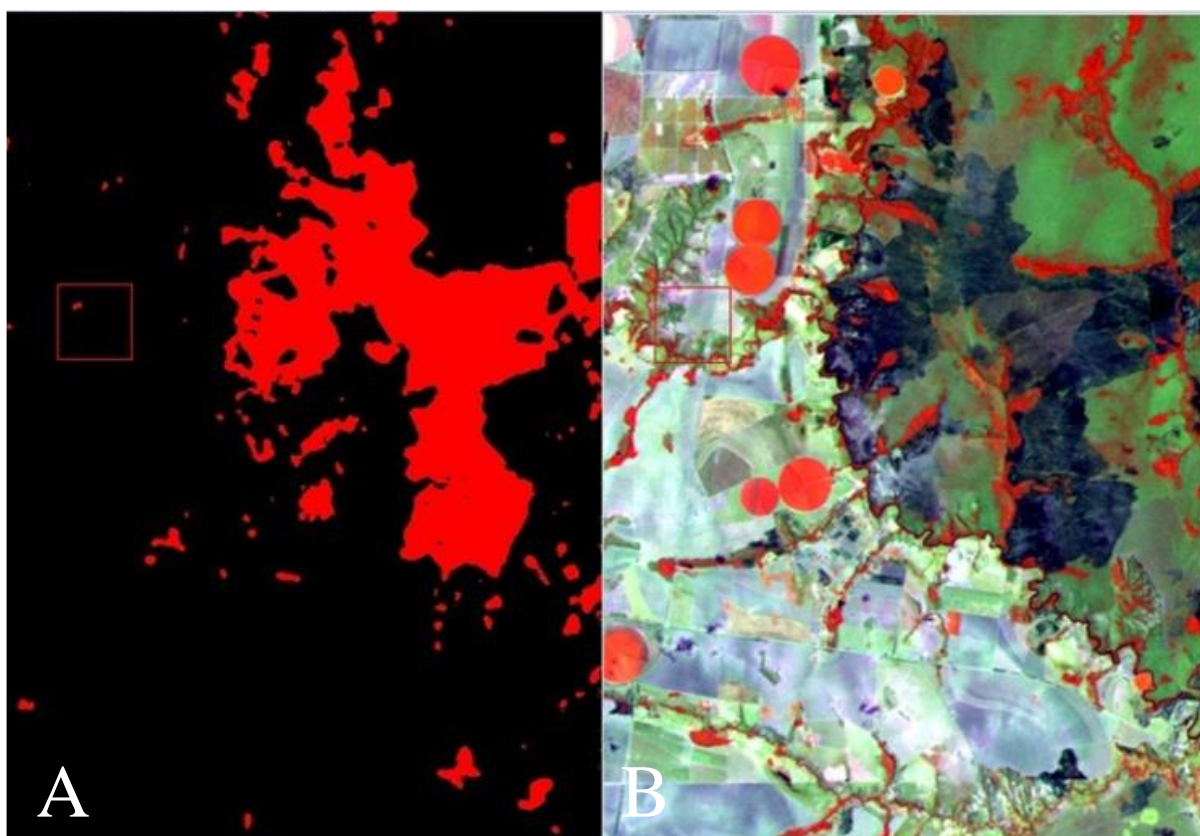


Figura 5 . A) Resultado da classificação supervisionada B) Imagem original de 1991.
Composição de bandas RGB 4-5-3.

A acurácia global obtida foi de 96,6% e revela um excelente desempenho da classificação. No entanto, Congalton (1991) alerta que, com base apenas no índice de exatidão global, as inferências feitas podem gerar equívocos, sendo necessárias medidas da “acurácia do usuário” e “acurácia do produtor” que conferem maior significado aos dados, revelando se há confusão entre as categorias.

Tabela 4 . Matriz de Confusão do ano de 1991

Verdade de campo	Classificação		
	Áreas não queimadas	Áreas queimadas	Total
Áreas não queimadas	76	0	76
Áreas queimadas	3	11	14
Total	79	11	90

Acurácia Global = (87/90) 96,6%

Coefficiente *Kappa* = 0,86 – 86%

A classificação testada mostrou omissão de 21% e 0% de comissão. A omissão deve-se possivelmente ao efeito do filtro e também efeitos da sazonalidade e regeneração da vegetação. O coeficiente *Kappa* encontrado foi igual a 0,86 - 86%, que na classificação de Fonseca (2000) se enquadra como excelente.

O próprio *software* ENVI fornece uma avaliação da classificação gerada, apresentando a acurácia e o coeficiente *kappa*. Os resultados encontrados se mostraram inferiores aos obtidos manualmente e os erros de omissão e comissão maiores.

Tabela 5 . Matriz de Confusão do ano de 1991			
Verdade de Campo (Porcento)			
Classes	Queimado	Não-queimado	Total
Não-classificado	14,67	11,70	12,73
Queimada (Vermelho)	84,87	0,25	29,62
Não-classificado	0,47	88,05	57,64
Total	100.00	100.00	100.00

Acurácia Global = (23138/26613) 86,942%

Coeficiente *Kappa* = 0,7493 – 74,93%

Tabela 6 . Matriz de Confusão do ano de 1991				
Classes	Erros de comissão	Erros de omissão	Erros de comissão	Erros de omissão
	Percentual		Pixels	
Queimado	0,56	15,13	44/7884	1398/9238
Não-queimado	0,28	11,95	43/15341	2077/17375

A Tabela 7 apresenta os dados obtidos relativos às queimadas, enfatizando as áreas queimadas nas unidades de conservação. Na Figura 7 a Figura 17 são apresentadas as áreas queimadas no território no DF e nos parques, possibilitando a visualização das queimadas que atingiram o interior dos parques. A maior área afetada por incêndios florestais ocorreu no ano de 1991. Neste ano as Unidades de Conservação de Proteção Integral que totalizam 536,42 km², tiveram 7,10% de suas áreas queimadas; o ano com a porcentagem mais elevada de queimadas dentro das unidades de conservação foi 1994 com 122,4 km² queimados. A contribuição da área queimada das unidades de conservação nesse ano para a área total do DF queimada foi de 2,11%, mais da metade da área atingida por incêndios (3,97%). O total das áreas queimadas no Distrito Federal está representado na Figura 18.

Tabela 7 . Total de incêndios por ano no Distrito Federal e nas Unidades de Conservação

Ano	Área Queimada no DF		Área Queimada nas UCs	
	km²	%	km²	%
1989	2,12	0,04	1,86	0,34
1990	10,24	0,18	0,00	0,00
1991	300,70	5,18	38,70	7,10
1992	1,62	0,03	0,00	0,00

Ano	Área Queimada no DF		Área Queimada nas UCs	
	km ²	%	km ²	%
1993	183,20	3,16	47,70	8,75
1994	230,20	3,97	122,40	22,46
1995	180,80	3,12	14,50	2,66
1996	25,10	0,43	1,40	0,26
1997	107,70	1,86	4,00	0,73
1998	148,20	2,55	13,30	2,44
1999	49,20	0,85	2,30	0,42
Total	1239,08	21,36	246,16	45,17

Os resultados mostram que em média anualmente cerca de 19% do total da área dos incêndios ocorridos é dentro de unidades prioritárias para a conservação (Tabela 8). No ano de 1994 mais da metade das áreas queimadas foram dentro das unidades de conservação e em 1997 apenas 4% ocorreu dentro delas.

Tabela 8. Total de Incêndios e porcentagem em relação ao total nas unidades de conservação.

Ano	Área Queimada no DF		Área Queimada nas UCs	
	km ²		km ²	%
1989	2,12		1,86	88%
1990	10,24		0	0%
1991	300,7		38,7	13%
1992	1,62		0	0%
1993	183,2		47,7	26%
1994	230,2		122,4	53%
1995	180,8		14,5	8%
1996	25,1		1,4	6%
1997	107,7		4	4%
1998	148,2		13,3	9%
1999	49,2		2,3	5%

Existem poucos trabalhos que retratam sobre a recorrência de incêndios em unidades de conservação brasileiras. Em França (2007) é relatado que no Parque Nacional das Emas foram observadas até sete queimadas entre os anos de 1984 e 1994, algo que também podemos observar nas unidades de conservação presentes no território do Distrito Federal, isso pode ser explicado pelo grande acúmulo de biomassa nessas regiões. Alguns autores salientam que a sazonalidade das queimadas pode estar relacionada aos eventos climáticos como o *El Niño*, mas ainda não existem estudos que comprovem essa relação. A dinâmica do fogo é outra importante área que deve ser levada em conta, parte da vegetação evolui com os

efeitos dos incêndios sazonais, mas não se sabe qual o limite de recorrência. Na Figura 19 são apresentadas as recorrências durante o período de 1989 e 1999, infelizmente não é possível determinar nenhum padrão durante esses anos, os incêndios estão bem espalhados e pouco definidos, porém as repetições são bem marcantes nas UCs.

É possível observar que os anos que as imagens obtidas foram do mês de setembro foram encontrados altos percentuais de queimada. Para uma melhor análise faria se necessário que todas as imagens fossem do mesmo mês, ou do período mais crítico da seca, porém a ocorrência de nuvens e a própria passagem do satélite impedem a obtenção de imagens de boa qualidade para todos os anos. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o período da seca compreende os meses entre abril e setembro, setembro então é considerado o último mês desse período e, portanto o mais crítico.

Os dados confirmam que anos em que a análise foi realizada em imagens de setembro ou no mês de agosto representam o maior quantitativo de áreas queimadas detectadas e consequentemente de prováveis incêndios ocorrentes no período.

A Tabela 9 e a Figura 6 apresentam a união dos dados gerados e obtidos no estudo para o período de 1989 a 1999. É possível observar que não existe padronização no tamanho das áreas queimadas durante os 22 anos.

Tabela 9. Dados encontrados para todos os anos.

Ano	Área Queimada no DF		Área Queimada nas UCs	
	km ²	%	km ²	%
1989	2,12	0,04	1,86	88%
1990	10,24	0,18	0	0%
1991	300,7	5,18	38,7	13%
1992	1,62	0,03	0	0%
1993	183,2	3,16	47,7	26%
1994	230,2	3,97	122,4	53%
1995	180,8	3,12	14,5	8%
1996	25,1	0,43	1,4	6%
1997	107,7	1,86	4	4%
1998	148,2	2,55	13,3	9%
1999	49,2	0,85	2,3	5%
2000	51,6	0,89	7,41	14%
2001	69,94	1,2	3,53	5%
2002	33,5	0,58	5,55	17%

Ano	Área Queimada no DF		Área Queimada nas UCs	
	km ²	%	km ²	%
2003	36,44	0,63	1,99	5%
2004	125,29	2,16	12,63	10%
2005	58,09	1	31,74	55%
2006	44,38	0,76	5,42	12%
2007	183,25	3,15	96,52	53%
2008	53,02	0,91	2,68	5%
2009	30,99	0,53	0,63	2%
2010	293,23	5,04	152,64	52%

A média anual queimada em reação ao território total do DF é de 2%, analisando o primeiro valor se tem a ilusão de um valor baixo, porém considerando que as unidades prioritárias para a conservação representam apenas 9% do território e que as áreas verdes do distrito estão praticamente restritas a estas áreas, o valor é considerado altíssimo.

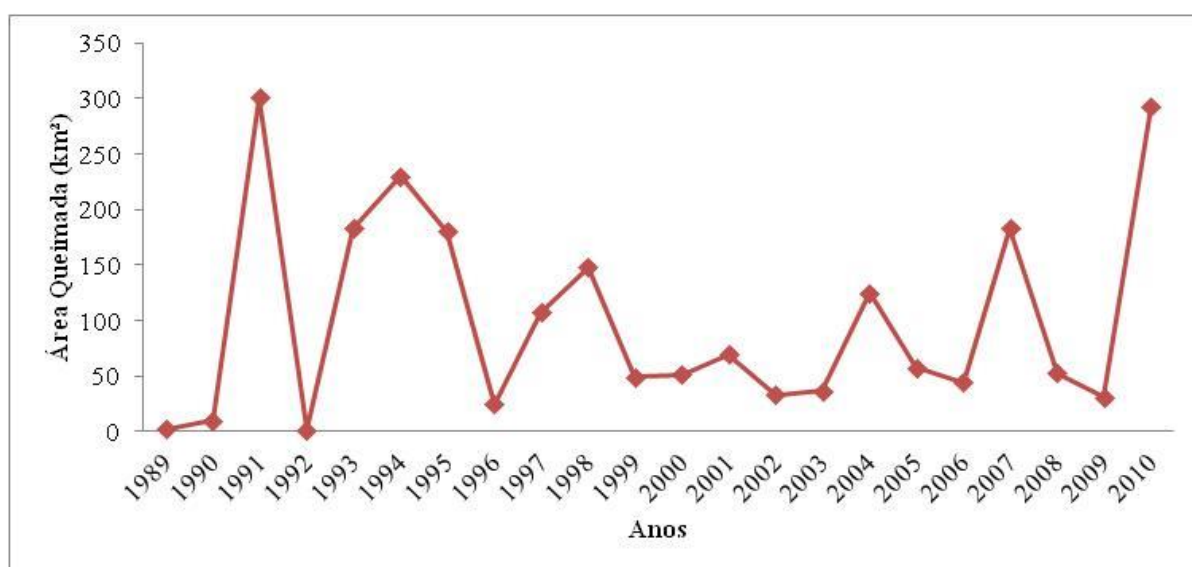


Figura 6. Área queimada no DF durante os anos de 1989 a 2010.

Analisando todos os dados obtidos, o ano de 2010 foi o que obteve o maior percentual de área queimada, não superando apenas o ano de 1991. Este ano, 2010, foi o ano de ocorrência de um dos maiores incêndios da história do Parque Nacional de Brasília, o que pode ser observado na Figura 2 de Silva (2011) mencionada anteriormente.

Mesmo sem existir informações precisas, é notável que o fogo é um problema sério para florestas nativas ou plantadas, não só no Cerrado, mas em todo o Brasil. Por isso, é necessário tomar providências para reduzir o impacto do fogo sobre a vegetação. É fundamental conhecer as principais causas dos incêndios com o intuito de realizar um trabalho efetivo de prevenção e combate, de maneira que as causas mais frequentes sejam

minimizadas. É essencial conhecer outros aspectos dos incêndios, como o tipo de vegetação atingida, superfícies queimadas e o período de ataque.

A base de dados existente do INPE fornece informações valiosas sobre a ocorrência dos incêndios, porém a técnica utilizada no presente trabalho permite a delimitação dos incêndios ocorridos e a mensuração das áreas atingidas, complementando os dados do INPE e gerando um banco de dados mais especializado.

Considerando ainda que incêndios florestais ocorram frequentemente no Cerrado é interessante utilizar em trabalhos futuros essas técnicas que corroborem na delimitação de áreas queimadas e possam fornecer subsídios para ações de prevenção e elaboração de um banco de dados que possibilite a previsão dos incêndios.

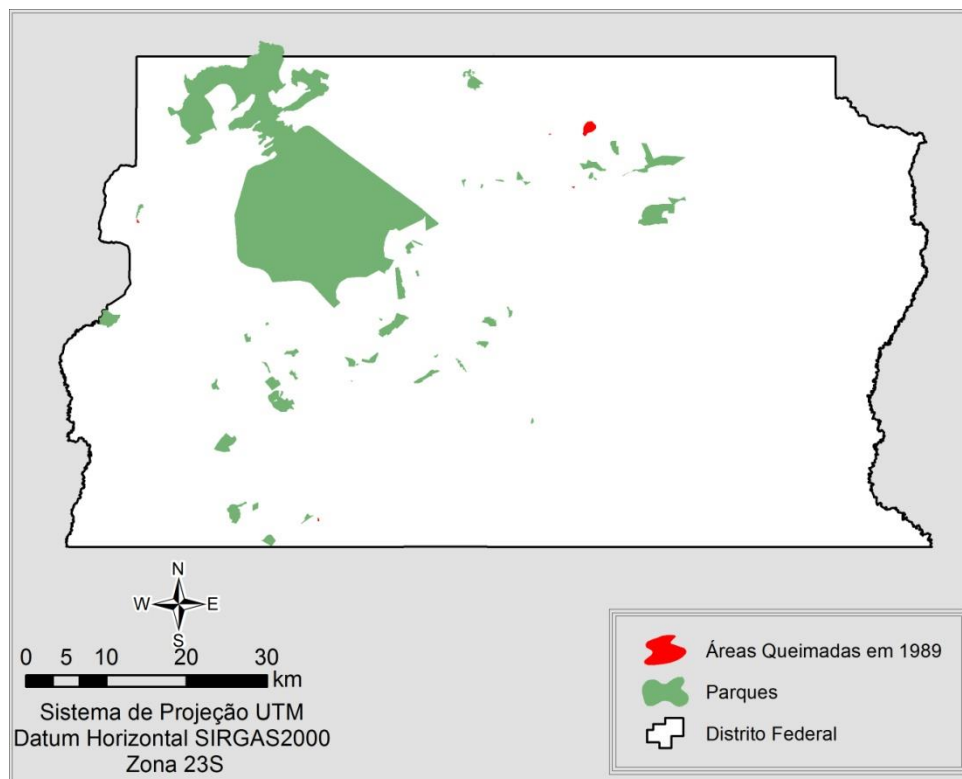


Figura 7. Incêndios no ano de 1989.

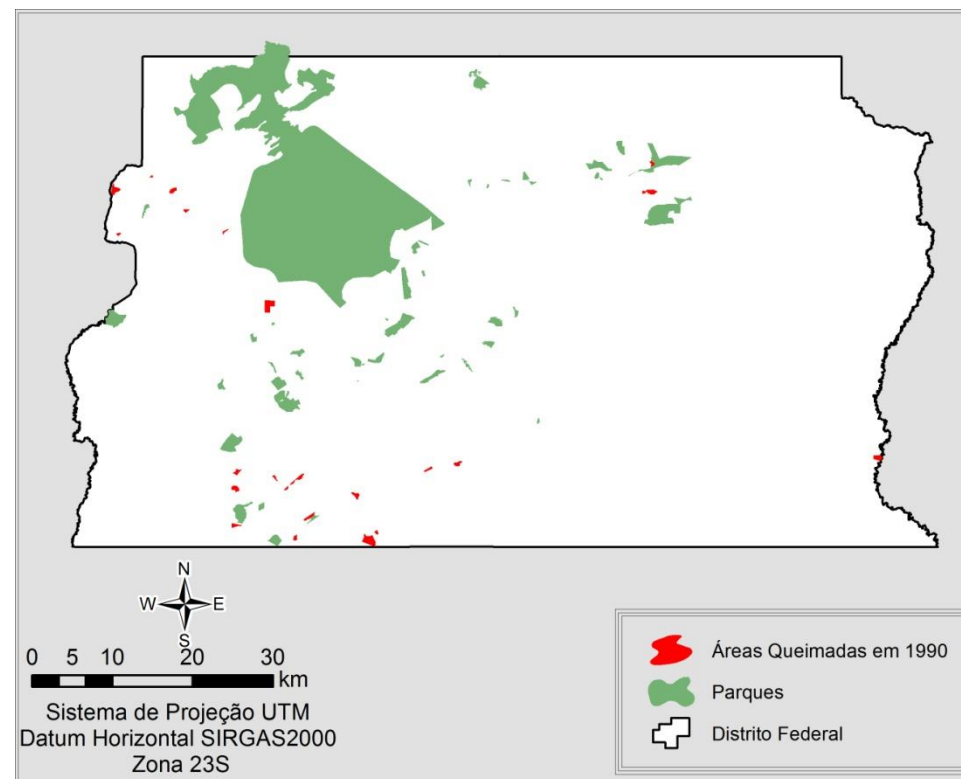


Figura 8. Incêndios no ano de 1990.

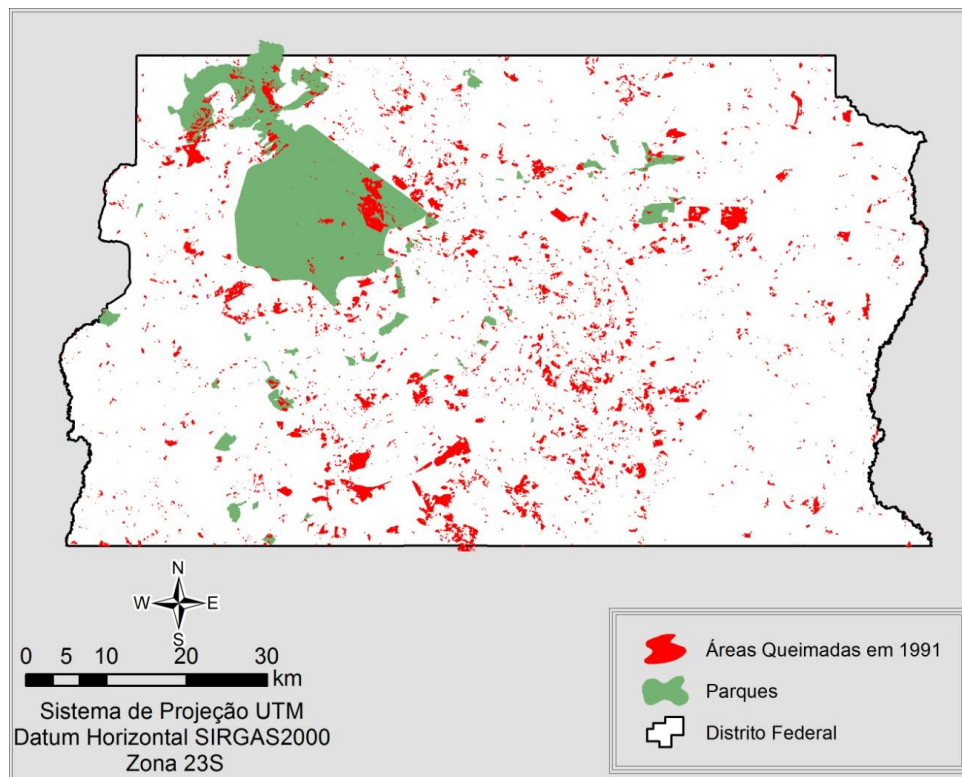


Figura 9. Incêndios no ano de 1991.

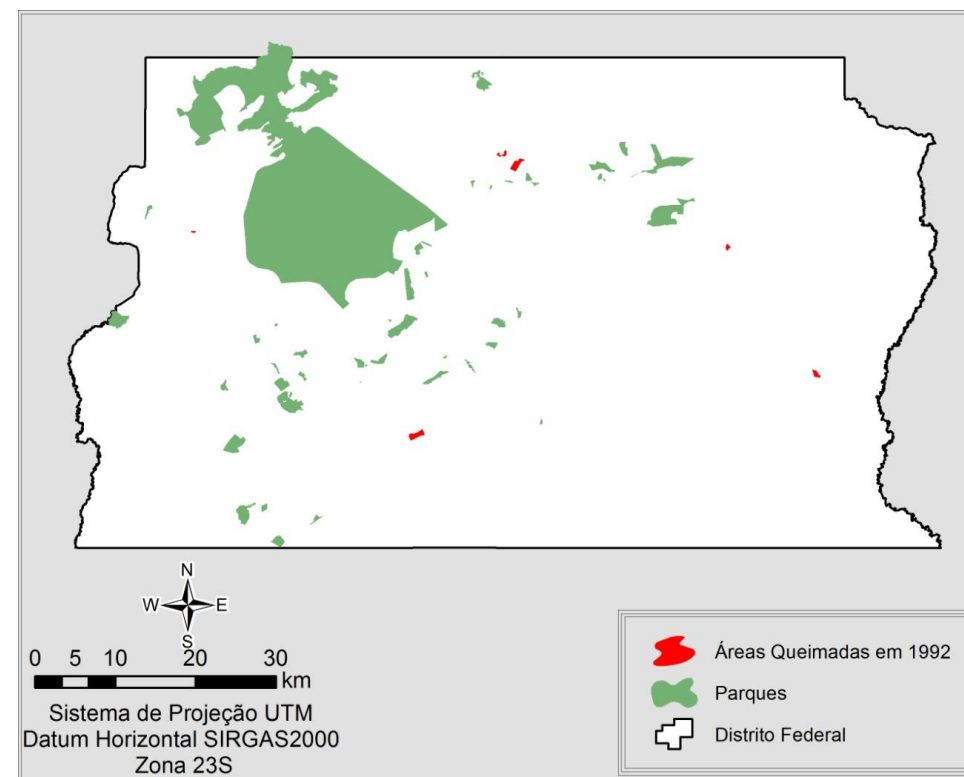


Figura 10. Incêndios no ano de 1992.

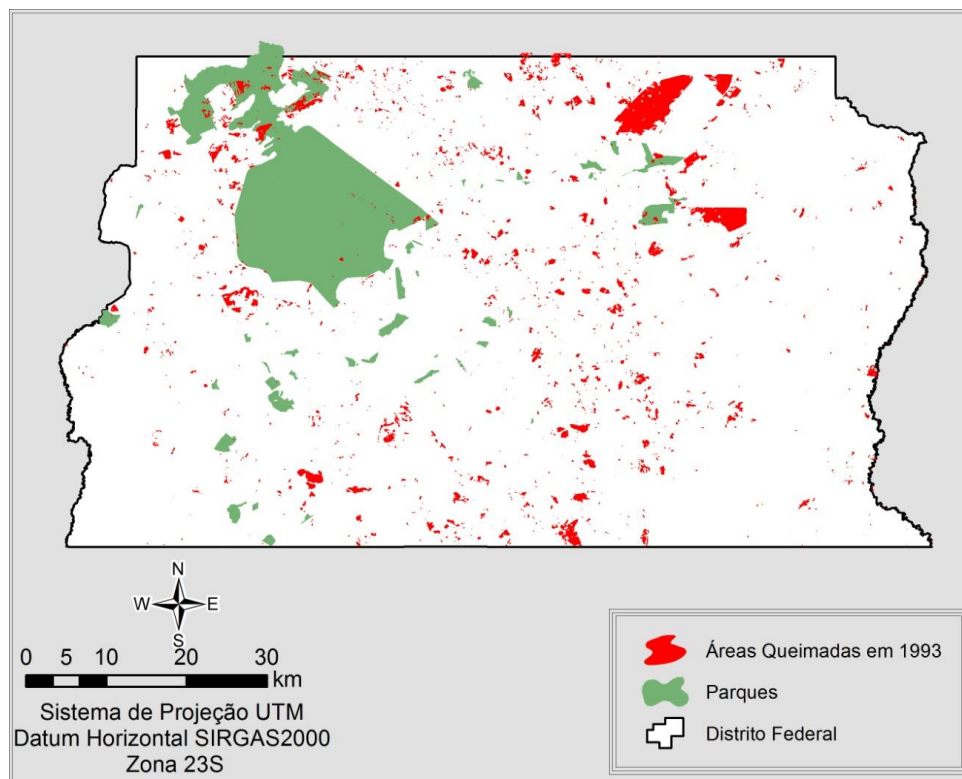


Figura 11. Incêndios no ano de 1993.

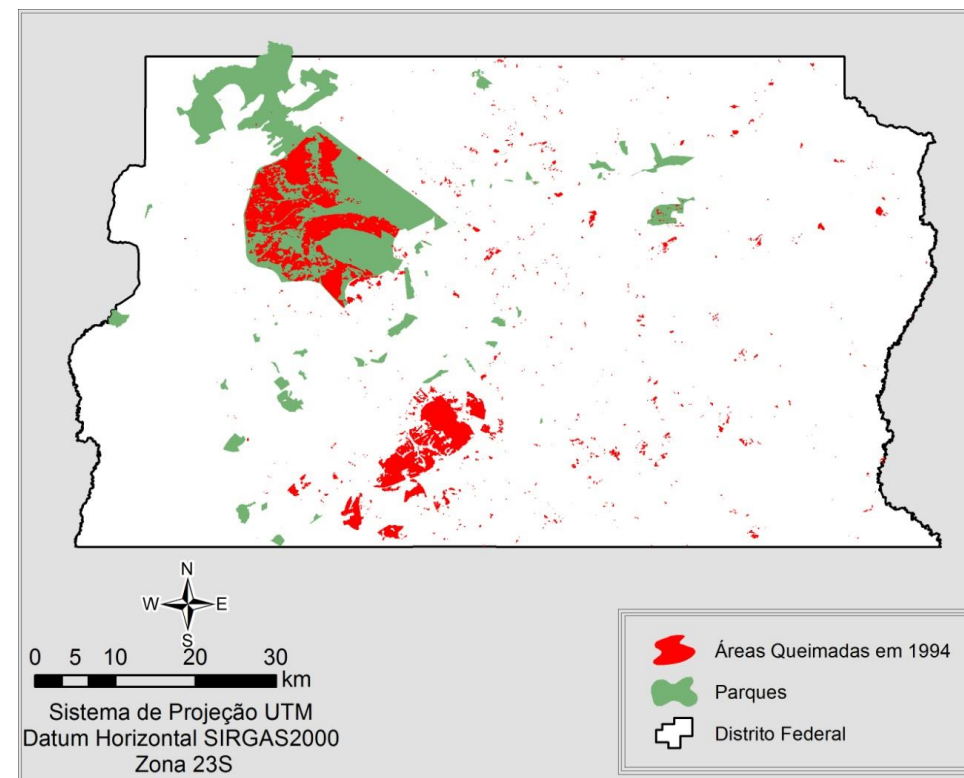


Figura 12. Incêndios no ano de 1994.

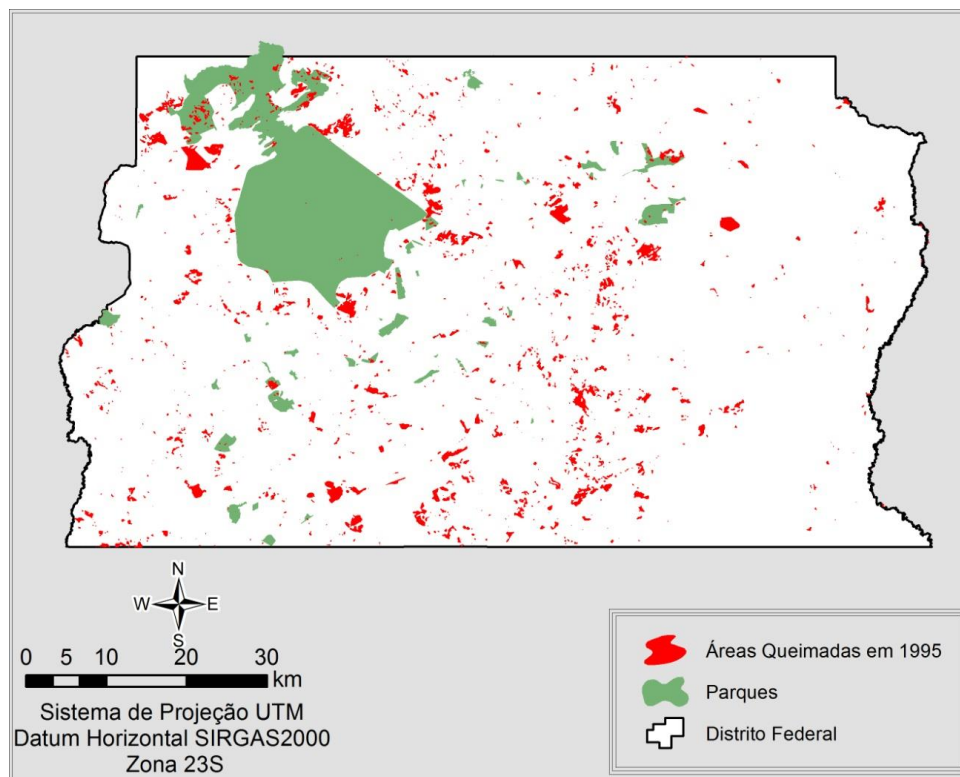


Figura 13. Incêndios no ano de 1995.

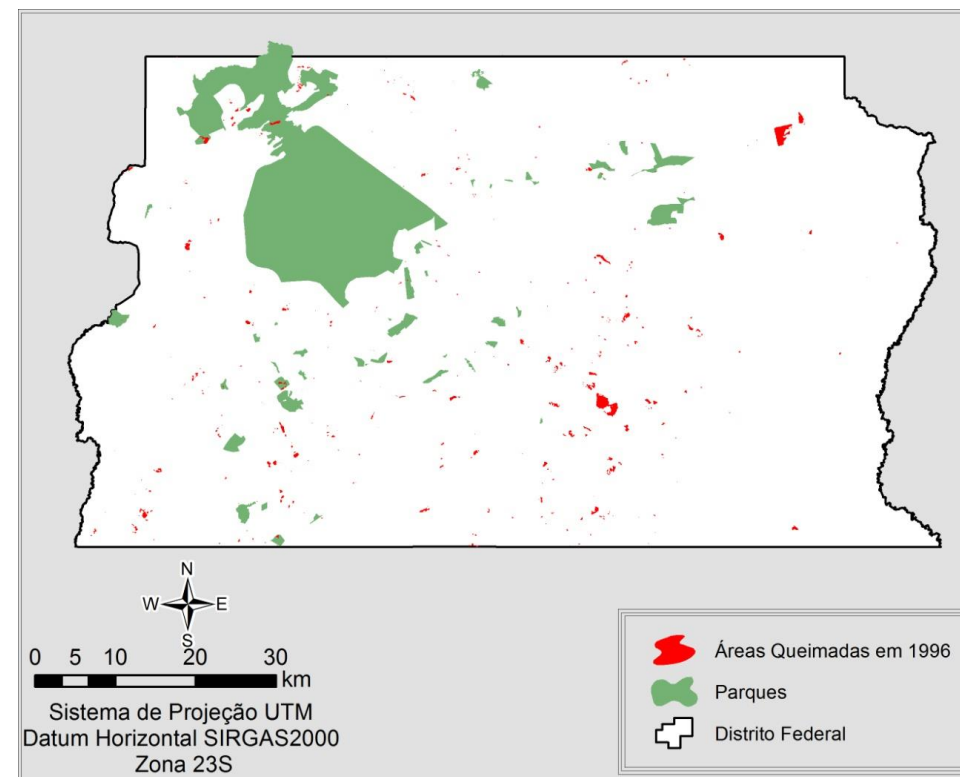


Figura 14. Incêndios no ano de 1996.

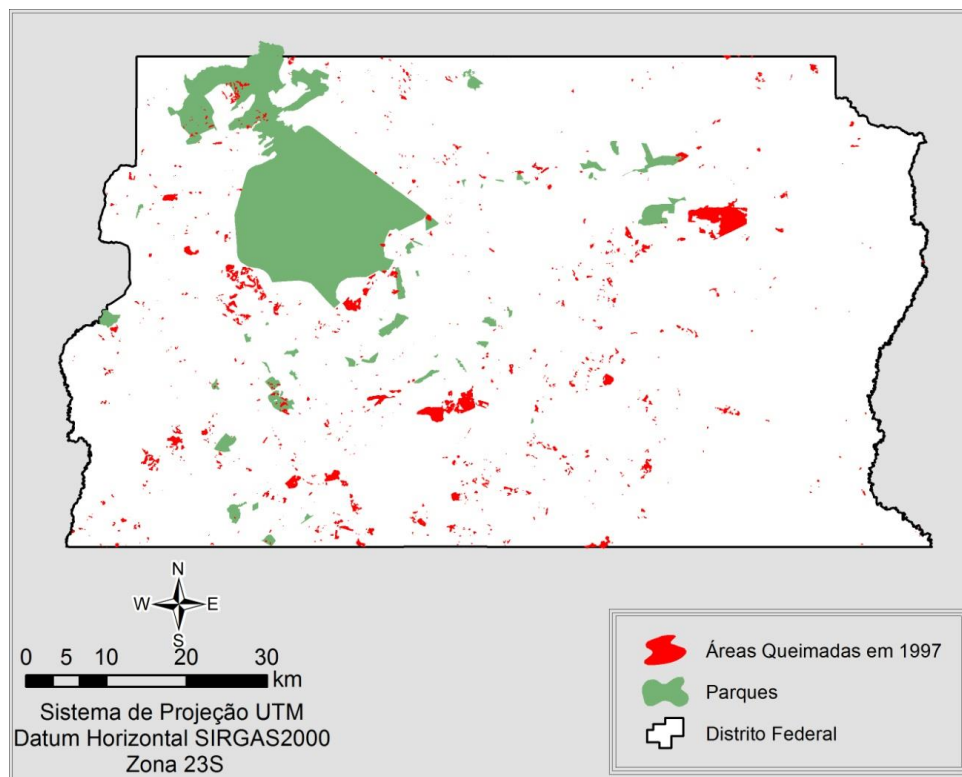


Figura 15. Incêndios no ano de 1997.

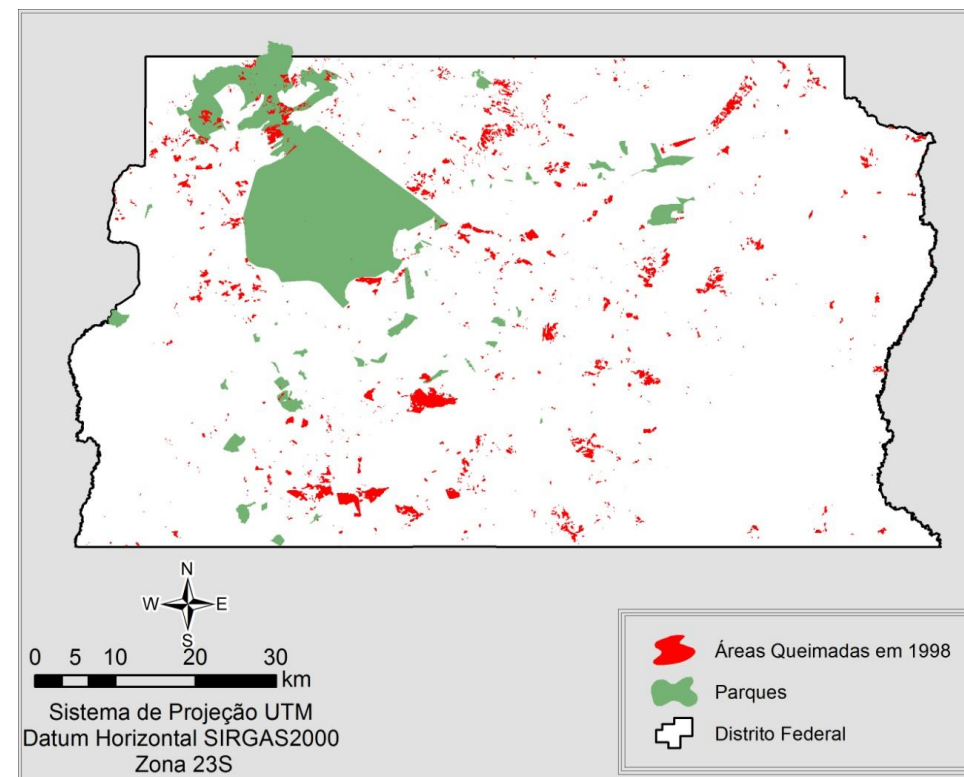


Figura 16. Incêndios no ano de 1998.

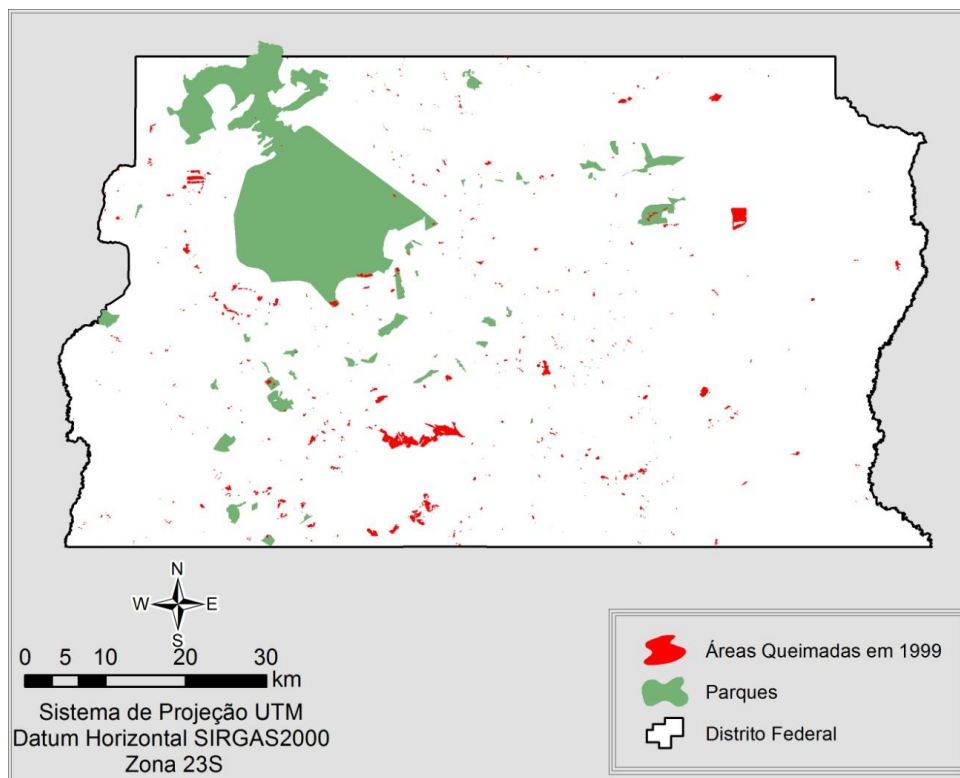


Figura 17. Incêndios no ano de 1999.

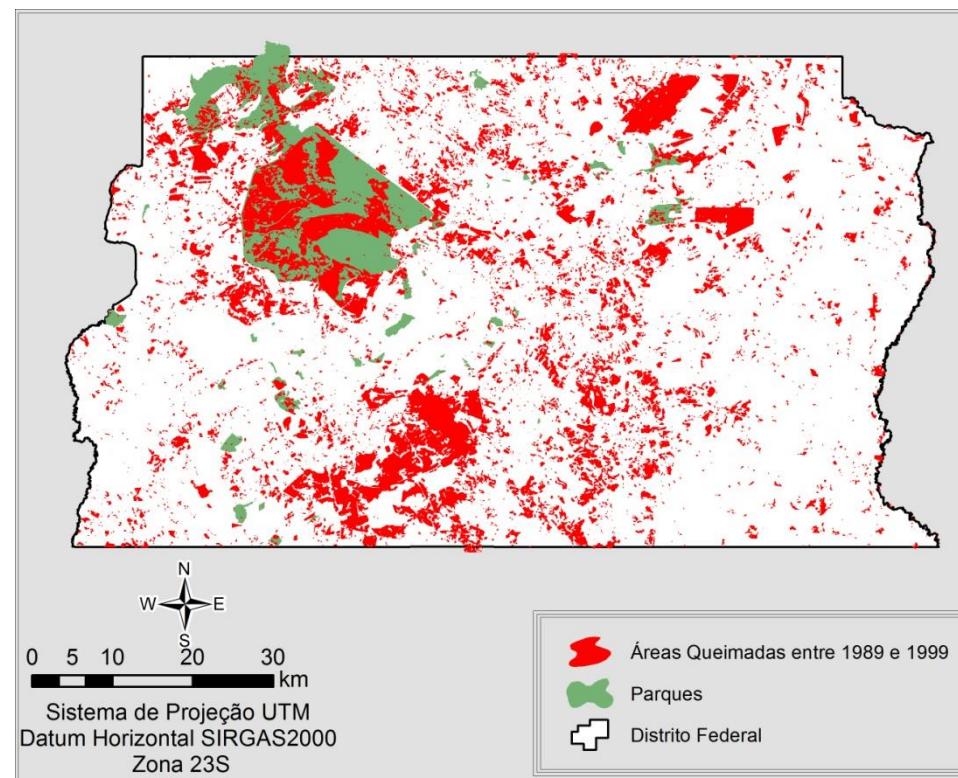


Figura 18. Total de Incêndios no período entre 1989 e 1999.

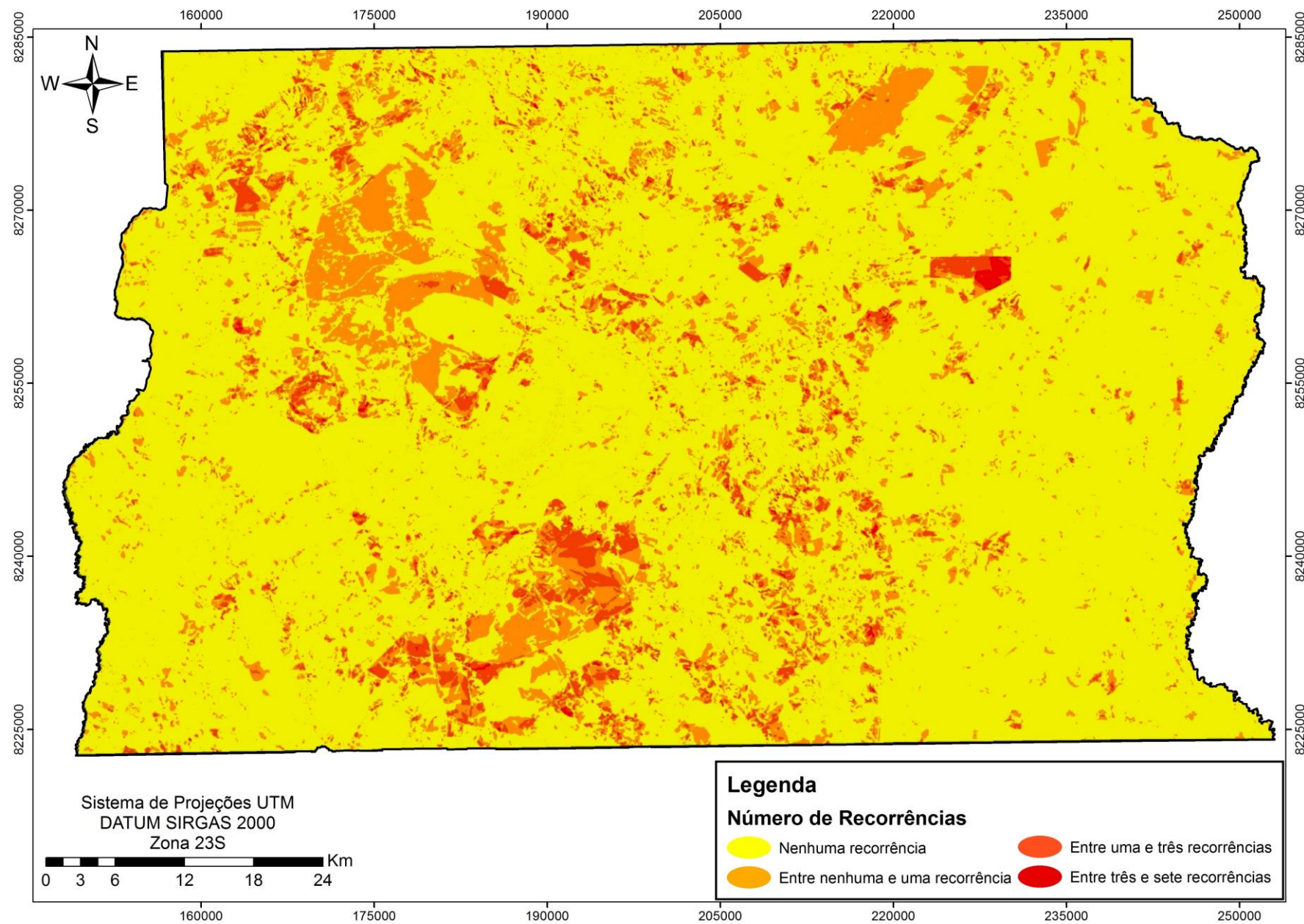


Figura 19. Recorrência dos incêndios no Distrito Federal durante os anos de 1989 a 1999.

6 CONCLUSÕES

A análise das imagens temporais do LANDSAT TM convertidas para reflectância e processadas pela técnica de classificação supervisionada, utilizando o método do paralelepípedo permitiu uma boa discriminação de ocorrências e recorrências de fogo no Cerrado. O método apresentou acurácia de 96% e um excelente índice *kappa* de 0,86.

A média de área queimada anual encontrada representa 2% do território do Distrito Federal, sendo 20% desse total ocorrente dentro das unidades de conservação prioritárias. Todo ano ocorrem incêndios dentro das UCs.

Foi criado um banco de dados com as áreas e localização dos incêndios ocorridos entre os anos de 1989 e 1999 para auxiliar pesquisas futuras e contribuir para a conservação e preservação do bioma cerrado, colaborando para a manutenção das unidades de conservação existentes no território do Distrito Federal.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. A.; LANA, A. M. Q.; YAMAGUCHI, L. C. T.; AROEIRA, L. J. M. **Análise de desempenho econômico da produção orgânica de leite: estudo de caso no Distrito Federal.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, Minas Gerais. V. 33, n. 2, p. 567-573, 2009.

BARBOSA, C.C.F. **Álgebra de Mapas e suas Aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.** Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, São Paulo. Agosto de 1997.

BATISTA, G. T., DIAS, N. W. **Introdução ao sensoriamento remoto e processamento de imagens.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005-04-02.

BERRA, E.F. **Avaliação e Comparação de Imagens LISS-III/Resourcesat-1 e TM/LANDSAT-5 para Estimar Volume de um Plantio de *Pinus elliotii*.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 3. edição. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BLASCHKET, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados – 2º edição.** São Paulo, 2007.

BRANT, H. S. C. **A fitossociologia do cerrado sentido restrito no Parque Recreativo do Gama (Prainha) – DF.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, UnB 2011.

BUSCBACHER, Robert. **Expansão agrícola e perda da biodiversidade no cerrado: origens históricas e o papel do comércio internacional.** Brasília: WWF Brasil, 2000. p. 15.

CABRAL, A. L. A.; MORAS FILHO, L. O.; BORGES, L. A. C. **Uso do fogo na agricultura: legislação, impactos ambientais e realidade na Amazônia.** Fórum Ambiental da Alta Paulista, V. 9 número 5, 2013.

CÂMARA, G. MONTEIRO, A. M., FUCKS, D. S., CARVALHO, M. S.. **Análise espacial e geoprocessamento.** Livro on-line. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>>. Acesso em: 04 maio de 2014.

CAMPOS, J. E. G.; SILVA, F. H. F. Solos. In: FONSECA, Fernando Oliveira (Org.). **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos hídricos, 2000.

CANAVESI, V., COURA, S. M. C., FORMAGGIO, A. R., SHIMABUKURO, Y. E., QUIRINO, V. F.. **Dinâmica espectro-temporal MODIS em região de Cerrados e intenso uso agropecuário**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005.

CASTRO, Newton de (Coord.). **A questão ambiental no Distrito Federal**. Brasília: Sebrae, 2004. 136 p.

CHANDER, G. E B. MARKHAM. **Revised LANDSAT-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges**. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on 41(11): 2674-2677. 2003.

COCHRANE, M. A., SOUSA, C., Jr. (1998). **Linear mixture model classification of burned forests in the Eastern Amazon**. International Journal of Remote Sensing, 19(17), 3433–3440.

CONGALTON, R. G. **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Remote Sensing of Environment, v. 49 n. 12, p. 1671-1678, 1991.

COUTINHO, A. C. **Dinâmica das queimadas no Estado do Mato Grosso e suas relações com as atividades antrópicas e a economia local**. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - PROCAM, Universidade de São Paulo, 2005. 308 p.

CRÓSTA, A. P.. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: Instituto de Geociências/UNICAMP, 1992. 170 p.

CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. UNICAMP - Instituto de Geociências Departamento de Metalogênese e Geoquímica. Edição Revisada, 2002.

CRUTZEN, P. J.; ANDREAE, M. O. Biomass burning in the tropics: impacts on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. Science, v. 250, n. 4988, p. 1669-1678, 1990.

CUNHA, H.F.; FERREIRA, A.A.; BRANDÃO,D. **Composição e fragmentação do Cerrado em Goiás usando Sistema de Informação Geográfica (SIG)**. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia – Goiás; v. 27 n. 2 p. 139-152 jan. / jun. 2007.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: Pinto, M. N. org. **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. Brasília: Ed. Univ., 1994. p. 17-73.

EMBRAPA – Empresa Brasileira Monitoramento por Satélite. **Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial**. Campinas; Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C. (Orgs.). Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília, DF: UnB, 2001. 152 p.

FELFILI, J.M.; NOGUEIRA, P.E.; SILVA JÚNIOR, M.C.; MARIMON, B.S., DELITTI, W.B.C. 2002. **Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa, MT**. Acta Botanica Brasilica 16(1): 103-112.

FERRANTE, José Ernesto Téllez; RANCAN, Luiz; NETTO, Pedro Braga. Clima. In: FONSECA, Fernando Oliveira (Org.). **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos hídricos, 2000.

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 158 p.

FERREIRA, I. M; **Bioma Cerrado: um estudo das paisagens do Cerrado**. Tema de Estudo da Tese de Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração em Organização do Espaço. Campus de Rio Claro, SP: UNESP, 2003.

FERREIRA, M.E.; JUNIOR, L.G.F.; FERREIRA, N.C.; ROCHA, G.F.; NEMAYER, M. **Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS - MOD13Q1**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3877-3883.

FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. **Plano de prevenção e combate aos incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra.** In: Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra. IBAMA. Brasília. 67 p.

FIGUEIREDO, D. Conceitos básicos de Sensoriamento Remoto, Setembro 2005.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto** – 3º edição ampliada e atualizada. São Paulo, 2011.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens.** Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE), 2000. 105p.

FRANÇA, H.; RAMOS NETO, M.B.; SETZER, A. 2007. **O fogo no Parque Nacional das Emas.** Série Biodiversidade, N. 27. MINISTÉRIO do Meio Ambiente, Brasília, 140 p.

GAMARRA, R.M. **Identificação de fitofisionomias e análise da fragmentação da vegetação na região do parque natural municipal do Salto do Sucuriú, utilizando imagem de Alta Resolução.** Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2008.

GANAN, J.R.; ROCHA, J.V.; MERCANTE, E.; ANTUNES, J.F.G. **Mapeamento da cultura da soja com imagens LANDSAT 5/TM utilizando algoritmos de classificação supervisionada.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 549-555.

GONÇALVES, K.S; CASTRO, H.A; HACON, S.S. **As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório.** In: Ciência & Saúde Coletiva. 2012.

HARIDASAN, Mundayatan. **Solos do Distrito Federal.** In: NOVAES PINTO, Maria (Org.). Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1993. p. 321 – 344.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < www.ibge.gov.br >. Acesso em: 28 de maio de 2014.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: < www.inpe.br >. Acesso em: 20 de maio de 2014.

JATOBÁ, Sérgio Ulisses. **Gestão ambiental urbana aplicável a parcelamentos urbanos no Distrito Federal.** Brasília, 2000. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

KLINK, C. A.; MACEDO, R. H.; MUELLER, C. C. **De grão em grão o cerrado perde espaço**. Brasília: WWF-Brasil, PRO_CER, 1995.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. **A conservação do Cerrado brasileiro**. Megadiversidade, Volume 1, nº 1. Brasília, Julho de 2005.

LASHOF, D.A. **The contribution of biomass burning to global warming: an integrated assessment**. In: Levine, J.S. ed. Global biomass burning. Cambridge, London: MIT Press, 1991. p. 441-444.

LEVINE, J.S.; WESLEY III, R.C.; WINSTEAD, E.L.; THINEHART, R.P.; CAHOON Jr., D.R.; SEBACHER, D.K.; SEBACHER, S.; STOCKS, B.J. **Biomass burning: combustion emissions, satellite imagery, and biogenic emissions**. In: Levine J.S., ed. Global biomass burning Cambridge: MIT Press, 1991. p. 264-271.

LIRA, G. T. R.. **Diversidade em Comunidades Bacterianas de Solos de Matas de Galeria do Cerrado**. Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília. Brasília, 2012.

MACEDO, M. A.; RUDORFF, B. F. T. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na Bacia do rio São Bartolomeu-DF usando técnicas de geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PEREPCIÓN REMOTA, 9, 2000, Puerto Iguazú. Anais... Puerto Iguazú: SELPER, 2000. p. 761-770. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Trabalhos/mariza.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2014.

MACHADO, R. B; AGUIAR, L.M.S; CASTRO A.A.J.F; NOGUEIRA, C. C; NETO, M.R.B. **Caracterização da fauna e flora do Cerrado**; Cap 09; IX Simpósio Nacional Cerrado - Simpósio Nacional sobre o Cerrado e o Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais. Brasília, 2008

MARCONDES, Gustavo. **Para onde Vamos?** Correio Braziliense, Brasília, 14 ago. Caderno Cidades, p. 32-33. 2005.

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T.; ROSA, A.N.C.S.; SANO, E.E.; SOUZA, E.B.; BAPTISTA, G.M.M.; BRITES, R.S. 2012. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento de Imagens**. UnB – CNPq, Brasília, 2012. 276p.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE – MMA. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.) Brasília, 2003. 510 p. ISBN – 87166-48-4

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **O Bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 23 de março de 2013.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicações**. São Jose dos Campos: INPE; 2001.

NEPSTAD, D. C., C. UHL e E. A. S. SERRÃO. **Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration**. *Ambio*20 (6): 248 - 255. 1991.

OLIVEIRA, J. C.; SILVA, J. M. F. **Influência da segmentação no processo de classificação por região**. Pg 4209-4216. Anais XII SBSR. Goiânia 16-21 Abril de 2005. INPE

RIBEIRO, J.F., WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. Pp. 87-167. In: S.M. Sano, S.P. Almeida. Cerrado, Ambiente e flora. Planaltina, EMBRAPA CPAC. 1998.

RIBEIRO, J.F.; OLIVEIRA, M.C.; GULIAS, A.P.S.M.; FAGG, J.M.F.; AQUINO, F.G.; **Usos Múltiplos da Biodiversidade no Bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais**; Simpósio Nacional sobre o Cerrado e o Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais, XI Simpósio Nacional sobre o Cerrado.

RIVERA-LOMBARDI, R. J. **Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/LANDSAT**. 172p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: INPE, 2003.

SATO, M. N.; MIRANDA H. S. **Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado Senu Stricto submetidas a diferentes regimes de queima**. In: Simpósio Impacto das Queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais. 1996, Brasília. 1996. Anais... Brasília:UnB/ECL, 1996. p. 93-101.

SILVA C. V. J., MATRICARDI E. A. T. **Mapeamento de Incêndios Florestais no Distrito Federal Entre 1990 a 2010, Utilizando Imagens LANDSAT Tm-5.** Trabalho de Iniciação Científica PROIC, Universidade de Brasília – UnB, 2011.

SILVA, D.C. **Seleção de Parâmetros Adicionais na Calibração de Câmaras com Uso de Componentes Principais.** Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Pernambuco, 2004.

SILVA, M. Ministério do Meio Ambiente; **Conservation Biology: The Brazilian Protected Areas Program;** Volume 19, Nº. 3, June 2005. Pags. 608 – 611

SOUZA, C. M., Jr., ROBERTS, D. A., COCHRANE, M. A. . **Combining spectral and spatial information to map canopy damages from selective logging and forest fires. Remote Sensing of Environment,** 98, 329–343.2005.

TAMBOSI, L.R.; IGARI A. T.; RIBEIRO, M. C. ; PIVELLO, V. R.. **Análise comparativa entre classificações realizadas a partir de imagens LANDSAT-7 ETM+ e CBERS-2 CCD.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007.

UNESCO. **Vegetação no Distrito Federal:** tempo e espaço. Brasília: UNESCO, 2000. 74 p.

VERMOTE E. F., D. TANRÉ, J.L. DEUZÉ, M. HERMAN, J.J. MORCRETTE, **Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum,** 6S : An Overview, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing **35** (3) : 675-686 (1997)

VERMOTE, E. F., EL SALEOUS, N. Z., JUSTICE, C. O., KAUFMAN, Y. J., PRIVETTE, J. L., REMER, L., ROGER, J. C., TANRE, D. (1997). **Atmospheric correction of visible to middle-infrared EOS-MODIS data over land surfaces: background, operational algorithm and validation.** Journal of Geophysical Research-Atmosphere, 102(D14), 17131 – 17141.

VIEIRA, C. A. O. **Accuracy of remotely sensing classification of agricultural crops: a comparative study.** 2000. 327p. Thesis (Doctor of Philosophy). University of Nottingham, 2000, p. 128-175.